

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

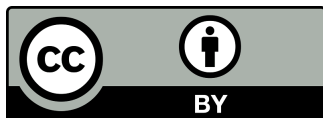
**Estudio de coordinación de protecciones para evaluar la
operatividad de un nuevo sistema de bombeo en una
minera, San Marcos - 2021**

Alexander Junior Huaynate Sanchez
Anderson Adalid Nova Diaz

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Alberto Sergio Tejada Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 10 de Junio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EVALUAR LA OPERATIVIDAD DE UN NUEVO SISTEMA DE BOMBEO EN UNA MINERA, SAN MARCOS - 2021

Autores:

1. Alexander Junior Huaynate Sanchez – EAP. Ingeniería Eléctrica
2. Anderson Adalid Nova Diaz – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía

SI

☒

NO

☐

- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI

☒

NO

☐

Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10

- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI

☒

NO

☐

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

AGRADECIMIENTOS

Gracias, a todos nuestros catedráticos que de manera muy didáctica y entregada fueron parte muy importante de toda nuestra formación académica, ya que todos sus conocimientos brindados me servirán para ser un profesional competente en un mundo cada vez más exigente, y desenvolverme de la manera más óptima y correcta siempre tratando de ser el mejor en todo lo que haga.

HUAYNATE SANCHEZ ALEXANDER JUNIOR

Quiero agradecer de manera especial al Rector de la Universidad Continental como representante de la institución, que me dio la oportunidad de poder cumplir con mis metas y objetivos trazados, de igual manera a toda la plana docente que me acompañó en todo el proceso académico y que de manera dedicada me brindó las herramientas y conocimientos necesarios; con ello pude cumplir con los estándares que exige la universidad, para así estar listo y preparado con una base sólida y enfrentar los diferentes retos laborales y académicos que se me presentaron y se me presentarán en un futuro.

NOVA DIAZ ANDERSON ADALID

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de manera especial y con mucho respeto y amor a mis padres, hermanos y novia, que son y serán parte importante en mi vida, personas que sin su apoyo no hubiera podido alcanzar mis metas ni desarrollarme como persona y a las cuales estaré eternamente agradecido toda mi vida.

HUAYNATE SANCHEZ ALEXANDER JUNIOR

Quiero dedicar esta tesis como resultado de todo un proceso que se llevó de manera satisfactoria, primero a Dios que es el artífice de todos mis logros, asimismo, agradecer con mucho cariño y amor a mis padres que son el soporte y apoyo moral ante las diferentes adversidades en el transcurso de toda mi vida, y agradecer a mi familia, esposa e hijo, que son y serán la inspiración para alcanzar diferentes metas en la vida y ser mejor cada día.

NOVA DIAZ ANDERSON ADALID

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Problema General	2
1.1.2. Problemas Específicos.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Justificación e importancia	3
1.3.1. Justificación Teórica	3
1.3.2. Justificación Práctica	3
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables	3
1.4.1. Hipótesis	3
1.4.2. Hipótesis Específicas	3
1.4.3. Variables	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del Problema	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Protecciones eléctricas	9
2.2.2. Dispositivos de protección eléctrica	10
2.2.3. Zonas de protección	12
2.2.4. Problemas de estabilidad de los sistemas eléctricos de protección.....	13
2.2.5. Filosofía de los sistemas de protección	14
2.2.6. Protecciones eléctricas principales y de respaldo.....	15
2.2.7. Curva de protección/disparo	15
2.2.8. Protección de Sobreintensidad	16
2.2.9. Estudio de coordinación de protecciones	22
2.2.10. Características de operación	24

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	25
3.1. Métodos y Alcance de la Investigación	25
3.1.1. Método.....	25
3.1.2. Alcance	25
3.2. Diseño de la Investigación	25
3.3. Población y Muestra.....	26
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	27
3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	28
4.1.1. Análisis de flujo de potencia y cortocircuito	28
4.1.2. Evaluación del desempeño de las protecciones en función de la rapidez, selectividad y confiabilidad en el nuevo sistema de bombeo	47
4.1.3. Ajustes de protección de los relés asociados al nuevo sistema de bombeo.....	55
4.2. Discusión de Resultados.....	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	4
Tabla 2. Constantes del tiempo de disparo según IEC.....	19
Tabla 3. Constantes según ANSI.....	21
Tabla 4. Universo de estudio	26
Tabla 5. Criterios y consideraciones para validar el estudio de flujo de carga.....	29
Tabla 6. Características de transformadores de distribución.....	29
Tabla 7. Nivel de tensión en barras para los 4 casos de estudio.....	30
Tabla 8. Resultados Obtenidos comparados con tabla 7 Caso 1	32
Tabla 9. Matriz de impedancias, admitancias y admitancias paralelas.....	34
Tabla 10. Matriz de admitancias	35
Tabla 11. Características eléctricas en cada barra	35
Tabla 12. Constantes para el método iterativo Gauss-Seidel Parte 1	35
Tabla 13. Constantes para el método iterativo Gauss-Seidel Parte 2	35
Tabla 14. Resultados Obtenidos comparados con tabla 7 Caso 1	36
Tabla 15. Flujo de potencia de las barras	37
Tabla 16. Resultados de cortocircuito para los casos 1 y 2.....	39
Tabla 17. Resultados de cortocircuito para los casos 3 y 4.....	40
Tabla 18. Constantes del circuito eléctrico.....	42
Tabla 19. Resultados Obtenidos comparados con tabla #15 Caso 1	44
Tabla 20. Cortocircuito antes de implementar los circuitos 24 y 62.....	45
Tabla 21. Cortocircuito en barras 4.16 kV de SE 04.....	46
Tabla 22. Cortocircuito en barras 4.16 kV alimentados del circuito 7 y 34.....	47
Tabla 23. Criterios y consideraciones para la simulación de motores	48
Tabla 24. Secuencia de arranque de motores	49
Tabla 25. Flujo de potencia en barras de 4.16 kV	51
Tabla 26. Flujo de potencia en barras de 23 kV	52
Tabla 27. Ajustes de sobre corriente en los circuitos 24 y 62.....	56
Tabla 28. Ajustes de relés de los motores – Sección 24 y 62	57
Tabla 29. Ajustes en baja tensión	61
Tabla 30. Ajustes de los RTDs.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de sistema de protección.....	10
Figura 2. Partes básicas de un Relé.	11
Figura 3. Traslape de las zonas de protección.....	12
Figura 4. Curva de disparo de un interruptor.....	16
Figura 5. Relé de sobreintensidad a tiempo independiente.....	17
Figura 6. Curva de actuación a tiempo dependiente	18
Figura 7. Curvas características según IEC	20
Figura 8. Curvas características según ANSI.....	22
Figura 9. Circuito Eléctrico Simplificado	31
Figura 10. Circuito Eléctrico Simplificado	33
Figura 11. Circuito Eléctrico Simplificado	34
Figura 12. Voltajes obtenidos por método iterativo Gauss-Seidel	36
Figura 13. Circuito Eléctrico Simplificado – Corriente Cortocircuito.....	40
Figura 14. Circuito Eléctrico – Secuencia Cero.....	41
Figura 15. Circuito Eléctrico – Secuencia Negativa.....	41
Figura 16. Circuito Eléctrico – Secuencia Positiva	42
Figura 17. Circuito Eléctrico Thevenin	42
Figura 18. Circuito Equivalente Thevenin.....	43
Figura 19. Falla trifásica en barra principal en 23 kV – BD sin modificar.	44
Figura 20. Falla trifásica en barra principal en 23 kV – BD actualizado.	45
Figura 21. Resultados de falla trifásica en barras principales en 23 kV. (Antes)	45
Figura 22. Resultados falla trifásica en barras principales en 4.16 kV de SE 04	46
Figura 23. Falla trifásica en barras principales en 4.16 kV circuito 7 y 34.	47
Figura 24. Curva de torque eléctrico y mecánica de motor caso 01.....	49
Figura 25. Curva de torque eléctrico y mecánica de motor caso 02.....	50
Figura 26. Curva de torque eléctrico y mecánica de motor caso 03.....	50
Figura 27. Curva de voltajes de motores para el caso 01.	53
Figura 28. Curva de voltajes de motores para el caso 02	54
Figura 29. Curva de voltajes de motores para el caso 03.	54
Figura 30. Parámetros de la función deferencial del relé 87T.	59
Figura 31. Corrientes primarias y secundarias sin compensar y compensadas.	60
Figura 32. Curvas de protección en baja tensión (0.48 kV) Fases.	61
Figura 33. <i>Temperatura por método de la resistencia.</i>	62

Figura 34. Cálculo de la temperatura a valor nominal.	62
Figura 35. Cálculo de la temperatura nominal a 4260 m.s.n.m.	63
Figura 36. Niveles de temperatura por clase.....	64

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un estudio de coordinación de protecciones para evaluar la operatividad de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera ubicada en el distrito de San Marcos durante el año 2021. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo deductivo, con un diseño cuasi experimental de corte transeccional, aplicado a los 23 relés que conforman los circuitos 24 y 62 del mencionado sistema.

Para el procesamiento y análisis de la información, se utilizaron las normas ANSI e IEEE, así como simulaciones en el software DlgSILENT PowerFactory. Los análisis se realizaron considerando cuatro casos de estudio, que abarcan condiciones de operación normal y de contingencia.

En el caso 02 (condiciones de contingencia con 100% de suministro de la máxima demanda del transformador y TIE cerrado), se determinó que la barra de 23 kV alcanza un máximo de 29.76 kA ante una falla trifásica, mientras que la barra de 4.16 kV llega a un máximo de 44.37 kA, cumpliendo así con lo establecido en el proyecto (50 kA). Por otro lado, en el caso 04 (condiciones de contingencia con suministro del 50% de la máxima demanda del transformador en paralelo y TIE cerrado), las barras de 4.16 kV y 23 kV superan los valores de soportabilidad de los interruptores, alcanzando 66.06 kA frente a un límite de 50 kA y 33.2 kA frente a un límite de 31.5 kA, respectivamente.

Asimismo, en los casos 01, 02 y 03, se verificó que las caídas de tensión se mantienen dentro de los límites permitidos. Los motores de media tensión presentan un arranque individual de 8.3 segundos. Finalmente, se propusieron ajustes de protección para los relés principales, relés de motores, relé diferencial del transformador, así como para las protecciones de sobretensión, subtensión en baja tensión y RTDs.

Se concluye que, salvo en el caso 04, se logró una adecuada coordinación de las protecciones del sistema eléctrico en estudio. Para dicho caso, se recomienda realizar un análisis integral que permita definir una estrategia de control del valor de cortocircuito, considerando, por ejemplo, la incorporación de una bobina en serie al sistema.

Palabras claves: relés, coordinación de protección, flujo de potencia, cortocircuito, barras.

ABSTRACT

This research aimed to develop a protection coordination study for the evaluation of the operability of a new recovered water pumping system in a mining company in the district of San Marcos in the year 2021. The methodology had a quantitative deductive approach, quasi-experimental cross-sectional design, applied to the 23 relay devices that comprise circuits 24 and 62 of said system. For the processing and analysis of the information, ANSI and IEEE standards and simulations were applied in the DIgSILENT Power Factory software. The analyzes were simulated for 4 case studies (normal and contingency operating conditions). It was determined for case 02 (contingency conditions with 100% supply of the maximum demand of the transformer with close TIE), that the 23 kV bus reaches a maximum of 29.76 kA of three-phase fault and, the 4.16 kV bus reaches a maximum of 44.37 kA, also for case 03, complying with the provisions of the project (50 kA). For case 04 (contingency conditions with power supply at 50% of the maximum demand of the transformer in parallel with TIE closed), both at 4.16 kV and at 23 kV, the bars reach values higher than what is established, exceeding the bearability of the breakers (66.06 kA out of 50 kA; 33.2 kA out of 31.5 kA) respectively. It was determined for cases 01, 02 and 03 that the voltage drops are within the allowed limits; medium voltage motors have an individual starting time of 8.3 s. Finally, the protection settings in main relays, motor relays, transformer differential relay, overvoltage, undervoltage, low voltage and RTDs were proposed. It is concluded that for all cases, except for 04, the coordination of the protections of the study electrical system was achieved, recommending for this, a comprehensive study, to determine how to control this short circuit value, a coil could be considered in series to the system.

Keywords: relays, protection coordination, power flow, short circuit, bars.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El sistema de bombeo en una mina constituye uno de los mecanismos que ejerce mayor influencia en el consumo energético debido a que involucra el transporte de múltiples fluidos, como lo es la pulpa mineral, cuyo proceso puede volverse más complicado por las características de los materiales en proceso, como son los tamaños de partículas, las concentraciones de sólidos y minerales (1).

Debido a que estos sistemas de bombeo operan con una serie de elementos eléctricos, es muy probable que estén sujetos a problemas de caídas de voltaje severas, las cuales son responsables de hasta el 80% de fallos de calidad de energía en dichos sistemas. Esto genera un mal funcionamiento de los equipos que pueden dar lugar a paradas en el proceso, disparo de contactores y relés electromecánicos, desconexión y pérdida de eficiencia en las máquinas rotativas eléctricas (2).

Visto así, en la instalación de nuevos sistemas operativos (como los de bombeos en minas), se requiere de estudios técnicos como la coordinación de protecciones, la cual permite establecer las protecciones eléctricas necesarias para mantener la operatividad, es decir, garantizar la protección de los componentes más importantes del sistema de potencia, al desconectarlo al momento de una falla y evitando así, que otros procesos se queden sin suministro (3). Por ello, una empresa minera dedicada a la explotación de yacimientos de cobre en el distrito de San Marcos en la Región de Ancash, ha decidido la instalación de un nuevo sistema que bombea agua recuperada de la presa de relaves (no sólidos ya que la concentración de estos es baja) a un tanque elevado para rehusarse en la planta, debido a que el nivel de la presa de relaves aumenta rápida y constantemente. Este sistema, además, funciona con motores de media tensión y un arranque directo.

La minera ha identificado algunas fallas en sistemas similares, que han sido instalados previamente sin una correcta coordinación de protección, dentro de las que destacan: trip en interruptores aguas arriba que ha dejado fuera de servicio a todas las bombas; daños en componentes del arrancador directo (como fallas a tierra y cortocircuito), daños en los motores de media tensión y trip en motores por sobre y baja corriente y tensión, lo cual ha generado la detención de los motores generando que el tanque se quede sin agua y afecta la operatividad de la planta. Para evitar esta situación, esta investigación propone resolver el siguiente problema.

1.1.1. Problema General

¿De qué manera un estudio de coordinación de protección permitirá la operatividad de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021?

1.1.2. Problemas Específicos

¿Cómo se comporta el flujo de potencia y cortocircuito del sistema eléctrico del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021?

¿Cómo es el desempeño de las protecciones en función a la rapidez, selectividad y confiabilidad del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada, ante diferentes condiciones de operación en el sistema eléctrico en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021?

¿Cuáles son los ajustes de protección de los componentes eléctricos para el funcionamiento seguro del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio de coordinación de protección para la evaluación de la operatividad de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el flujo de potencia y cortocircuito del sistema eléctrico del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.
- Evaluar el desempeño de las protecciones en función a la rapidez, selectividad y confiabilidad del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada, ante diferentes condiciones de operación en el sistema eléctrico en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.
- Determinar los ajustes de protección de los componentes eléctricos para el funcionamiento seguro del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación Teórica

El desempeño de las protecciones eléctricas es considerado arte y ciencia, pues se fundamenta en la exactitud de los modelos que representan la naturaleza eléctrica de los fenómenos; sin embargo, dichos modelos están sometidos a errores debido a las simplificaciones matemáticas que se usan en su elaboración. Ante ello, existen un conjunto de criterios para ajustar protecciones que se encuentran planteados en la bibliografía especializada y se basan en la protección contra el daño del equipamiento eléctrico, rapidez y selectividad. No obstante, estos criterios no resultan convenientes en todos los casos, por la imprevisibilidad de los fenómenos eléctricos. En ese sentido, es necesario establecer un conjunto de criterios basados en la experiencia operativa para un adecuado desempeño del sistema de protecciones. Es así que, la presente investigación tiene una justificación teórica, al ser estudiada la coordinación de protecciones eléctricas en un sistema de bombeo de una empresa minera, a partir de los análisis de flujo de potencia y cortocircuito sometidos a diferentes condiciones de voltaje; todo ello establece base de conocimientos para futuras investigaciones afines al tema estudiado.

1.3.2. Justificación Práctica

El estudio adquiere una justificación práctica puesto que ofrece una solución a una unidad minera, para evitar las paralizaciones producto de fallas eléctricas de un sistema de bombeo, así como el mejor ajuste de protecciones eléctricas que le otorguen seguridad a los equipos y personal ante fallas del suministro o perturbaciones.

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Hipótesis

Un estudio de coordinación de protección permitirá mantener la operatividad de un nuevo sistema de bombeo en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- El análisis de flujo de potencia y cortocircuito permiten determinar la soportabilidad del sistema eléctrico del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos.
- El desempeño de las protecciones en función a la rapidez, selectividad y confiabilidad del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada, cumple con los parámetros normados y establecidos en el proyecto.

- Se requieren ajustes de protección en los relés para la operatividad de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.

1.4.3. Variables

- Variable dependiente: Operatividad de un sistema de bombeo en una minera
- Variable independiente: Coordinación de protecciones.

La operacionalización de las variables, se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Coordinación de protecciones	Rapidez, Selectividad y Confiabilidad	Operación de los Relés
		Protección diferencial de los transformadores (A)
		Protección de Sobre corriente (A)
		Protección de Carga Térmica (°C)
	Flujo de Carga	Niveles de tensión (kV)
		Flujo de cargas en transformadores (kW)
		Flujo de cargas en líneas y cables (kW)
Operatividad de un sistema de bombeo	Cortocircuito	Cortocircuito en barra (kA)
		Capacidad de ruptura de los fusibles (kA)
	Disponibilidad	Tiempo disponible del sistema (hrs)

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Corrales, Salas, Arostegui y Viamontes (2020), estudiaron la línea eléctrica Y410 de Camagüey, con un largo circuito rural con frecuentes cortes y abastece a instalaciones críticas como una planta frigorífica y una escuela de formación profesional. Para ello, se simuló el flujo de carga, posteriormente se realizó el estudio de cortocircuitos y por último se realizó el ajuste de coordinación de las protecciones eléctrica. Se evidenció que aunque la mayoría de los problemas se producen en otros puntos de la línea, los ingenieros propusieron trasladar un transformador de potencia (Nulec Y230) y conectar dos nuevas centrales solares (PSFV) para mejorar la fiabilidad. Se concluyó, tras analizar las características eléctricas del circuito, determinaron que las plantas solares podían añadirse, pero trasladar el transformador no era viable (4).

Jiménez Jorge y Panternina Alberto (2020) desarrollaron una tesis de coordinación de protecciones en la empresa Tecnoglass S.A. para evaluar su confiabilidad ante eventos de fallas que se presentaban. Para ello, realizaron una simulación del sistema con el software Neplan, en la cual efectuaron pruebas de corto circuito en cada uno de los nodos para conocer la corriente máxima; así mismo, analizaron el comportamiento de las protecciones como interruptores, fusibles y relés, y el tiempo de operación para despejar la falla. El estudio reveló que el esquema 6, donde se encuentran la red y todos los generadores en servicio presentó el nivel más alto de corriente de cortocircuito con un valor $I_k = 77,93 \text{ kA}$, causada por la baja impedancia de los generadores (5). Sobre este particular, el aporte al presente estudio se basa en la realización de simulaciones del sistema con pruebas de cortocircuito en cada los nodos (barras), mediante una simulación con el software NEPLAN 5.3.5, lo que constituye un ejemplo a considerar en el desarrollo de las simulaciones a los equipos y protecciones eléctricas.

Chere et al. (2020), desarrollaron un artículo publicado en la revista científica Polo de Conocimiento sobre coordinación de Protecciones Eléctricas en Celec-Ep Termoesmeraldas II aplicando el Software Digsilent Power Factory enfocado en proporcionar los parámetros de ajustes y calibración de los relés contra sobre – corriente,

que permita el mejoramiento de la coordinación de las protecciones del sistema eléctrico de potencia (SEP) de la central. Para ello, determinaron las características funcionales del SEP en condiciones normales de operación, en demanda máxima y en corto circuito, empleando la herramienta computacional. Entre sus conclusiones, exponen que el software Digsilent Power Factory es de fácil manejo y reduce los tiempos de cálculos facilitando resultados con bajo índice de error e incorpora normativas ANSI, IEEE e IEC. Asimismo, señalan que cuando suceden fallas en las barras, sean estas trifásicas o monofásicas, concluyen que las fuentes son aportantes directas de las corrientes de cortocircuitos (6). De esta forma, el aporte al presente estudio, se centra en la forma de abordar la temática, la cual está muy relacionada siendo la metodología un modelo a considerar en el abordaje práctico; además se observó que, el uso del software Digsilent Power Factory fue una herramienta valiosa y de gran facilidad para las modelaciones, con el cual se pudo reducir tiempos en los cálculos y la entrega de resultados al instante.

Del Pino Beatriz (2017) realizó una tesis donde desarrolló análisis de esquemas de protección para generadores de energía eléctrica, a partir del diseño de un sistema de protección con el fin de disminuir lo más significativamente posible, los efectos ocasionados por las anomalías y fallas que pueden experimentar los generadores eléctricos; considerando todas las funciones de protección, determinando las más adecuadas según los criterios reflejados en el estudio. El estudio fue de protección del generador síncrono de 146 MVA y aplicado a un equipo de Siemens 7UM85; la ingeniería básica del sistema de protección se realizó tomando en cuenta las asignaciones funcionales y los esquemas de conexión del equipo con el sistema primario (7). Es importante destacar el aporte del estudio al presente, especialmente, de manera teórica, al abordar de forma amplia los esquemas de protección para generadores de energía eléctrica, abarcando cálculos de ajustes e ingeniería de protección y control de esquema de protección de generador.

Barría y Cabezas (2015) llevaron a cabo una tesis de coordinación de protecciones eléctricas en una planta de oxígeno en la etapa de fundición de una minera en Chile; lo cual contempló la descripción de los diferentes componentes de la red eléctrica de la unidad de estudio, mediante el cual se obtuvieron las características y parámetros de los dispositivos del sistema de protección. A partir de ello, se desarrolló un análisis de cálculo de parámetros y cortocircuito mediante comparados con el análisis de cortocircuito dado por el software ETAP, con el cual se realizó igualmente, el análisis de coordinación de protecciones contemplando la secuencia de operación y las cartas de coordinación de las

protecciones ante fallas trifásicas, en cada uno de los casos planteados. Como comentarios finales, destacan que los relés conectados a los motores de inducción aportan la función de monitoreo y protección de estos, por lo cual se sugiere la instalación de interruptores de poder para facilitar la reposición del equipo evitar tiempo perdido en la reposición de fusible que afecta el sistema (8). En este contexto, el aporte teórico al presente fue significativo, específicamente, en cuanto a los cálculos de parámetros y cortocircuitos, así como los fundamentos y aspectos relevantes sobre el estudio de coordinación de protección, aportando diversidad de aspectos teóricos, incluyendo diagramas y gráficas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Ticse David (2020) efectuó una tesis sobre el análisis del sistema de protección para la optimización de la calidad de suministro del alimentador A4703-Tarma perteneciente a la subestación de Nina tambo Sistema Eléctrico de Tarma. Para el desarrollo de la metodología, para verificar la hipótesis general planteada se empleó un protocolo de pruebas mediante ensayos con el equipo de pruebas OMICRON CMC-356 al relé ABB REF630 del alimentador A4703, lo que permitió determinar que la calidad del suministro estuvo garantizada, comprobándose que contaba con una adecuada calibración; tras lo cual concluyó que la protección del sistema eléctrico de distribución afectó positivamente en la calidad del suministro del servicio eléctrico de energía en el alimentador A4703 de la Unidad de negocios de Tarma. Asimismo, señaló que la protección del sistema ofrece ventajas como la seguridad, protección de equipos y selectividad, por ello propuso el uso de tecnología de relés digitales multifuncionales para mejorar la calidad del servicio eléctrico (9). Sobre este particular, se genera un aporte teórico significativo, que abarca diversidad de información acerca de los sistemas de protección de sistemas eléctricos, fórmulas y parámetros, que permitirán una mayor comprensión de la temática abordada.

Quispe Sabino (2020) llevó a cabo una tesis sobre la coordinación del sistema de protección en baja tensión de una estación remota reductora de presión S009A, para así mejorar la confiabilidad y calidad del servicio en el abastecimiento de agua potable hacia gran parte de la población de Lima-Cercado. Para ello, realizó cálculo de cargas de la estación remota, diseñó tableros eléctricos con sus respectivas protecciones tomando en cuenta la filiación y selectividad de los componentes; así mismo, dimensionó los conductores eléctricos para los cortocircuitos del SCADA e instaló el sistema de generación de emergencia para las alimentaciones de los tableros del sistema eléctrico de distribución

y SCADA. Concluye que al obtener las corrientes de cortocircuito muy bajas se toma como referencia la NTP que está basada en la Norma IEC 60898 donde se prevé un poder de corte de 10 kA para interruptores de sistemas industriales similares; por otro lado, se logró la selectividad total y parcial en todo el sistema eléctrico de protección de la estación remota reductora de presión reduciendo al mínimo las paralizaciones producto de la falla de la instalación (10). Respecto al estudio, los aportes al presente se centran en un amplio basamento teórico, además de una propuesta, que contempla un presupuesto, por tanto, el estudio sirve de referencia en el ámbito teórico y práctico.

Lara Alberto (2019) desarrolló una tesis del sistema de bombeo temporal de control de nivel de Polishing Pond Dump (PPD) en el Complejo Minero de la Compañía Antamina. El estudio contempló evaluaciones de las condiciones de operación de los dispositivos de protección en las salas eléctricas 460-ER-051, a fin de disponer de un sistema de protecciones que funcione bajo los principios de rapidez, selectividad y confiabilidad. Para ello, se consideraron varios estándares de ANSI/IEEE y se realizaron comprobaciones mediante un software; el cual permitió efectuar estudios de caídas de tensión, flujo de carga y corrientes de cortocircuito en sistemas equilibrados o desequilibrados en toda la red de modo simultáneo. De los resultados más relevantes a esta investigación, se obtuvo que el máximo valor de corriente de falla en la barra de 23 kV del nuevo sistema de bombeo fue 5.7 kA; en tanto que los fusibles 150E considerados en 23 kV, presentaron una soportabilidad de 12.5 kA, por lo cual se concluye que está correctamente seleccionado. Por su parte, el máximo valor de corriente de falla en la barra de 4.16 kV fue de 11.6 kA mientras que los fusibles considerados para los motores en 4.16 kV, mostraron una capacidad de ruptura de 60 kA, por lo cual se dedujo que los fusibles de los arrancadores en dicha corriente, están correctamente seleccionados (11). En este sentido, el estudio tiene aportes significativos al presente, observando que se realizó también en el sector minero, presentando, además aspectos teóricos donde se desarrolló el análisis del sistema eléctrico, así como la metodología y los criterios necesarios para una correcta coordinación de los equipos de protección.

Lozada Edwar y Pongo Luis (2019) realizaron una tesis acerca de la coordinación de protecciones del sistema eléctrico en 22,9 kV para la planta procesadora en Shanango - Bellavista, Jaén. El mismo fue aplicado en las instalaciones de media tensión de la planta procesadora de café con el fin de proteger eficazmente al personal operativo y a los componentes eléctricos principales del sistema, frente a la ocurrencia de fallas. Ello implicó

el análisis de las instalaciones eléctricas, se realizaron simulaciones y análisis de flujo de potencia y de cortocircuito mediante un software, tras lo cual se aplicaron los criterios de coordinación. Como resultado, se propuso un ajuste de los dispositivos de protección (12). Es así como el estudio genera aportes del desarrollo de la presentación investigación, al observar aspectos prácticos como el análisis de la regulación de tensión y flujo de potencia, además de los parámetros de la coordinación de las protecciones, presentando gráficos y diagramas ilustrativo, que servirán de soporte en la realización de las mediciones y el desarrollo de la simulación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Protecciones eléctricas

Todo sistema eléctrico durante su operación, puede estar expuesto a diferentes condiciones anormales relacionadas con aspectos propios del sistema o por elementos externos al mismo. Por lo que la función principal de la protección, es inducir la desconexión automática del componente del sistema que ha sido afectado por una falla o un régimen anormal de operación. Así mismo, la protección brinda información sobre el tipo de falla y su ubicación, lo que permite al personal técnico tomar acción inmediata (13).

Las protecciones eléctricas constituyen la parte fundamental e importante de un sistema eléctrico de potencia (SEP) en cualquiera de sus fases, desde los puntos de generación, transmisión y distribución hasta, incluso, industrias y residencias domiciliarias. Por tanto, una de sus características es la de proporcionar la calidad y continuidad del servicio de energía eléctrica en todo lugar y momento, para así, proveer seguridad a las personas, evitar daños a equipos y especialmente, en la medida de lo posible, evitar pérdidas técnico económicas (6).

Estos dispositivos, son diseñados para detectar y responder a condiciones anormales en un circuito eléctrico, como sobrecorrientes, cortocircuitos, sobrevoltajes, subvoltajes, fugas a tierra, entre otros. Su objetivo principal es garantizar la seguridad de personas, equipos y la continuidad del servicio eléctrico (14), en la figura 1 se muestra un modelo de un sistema de protección (SP).

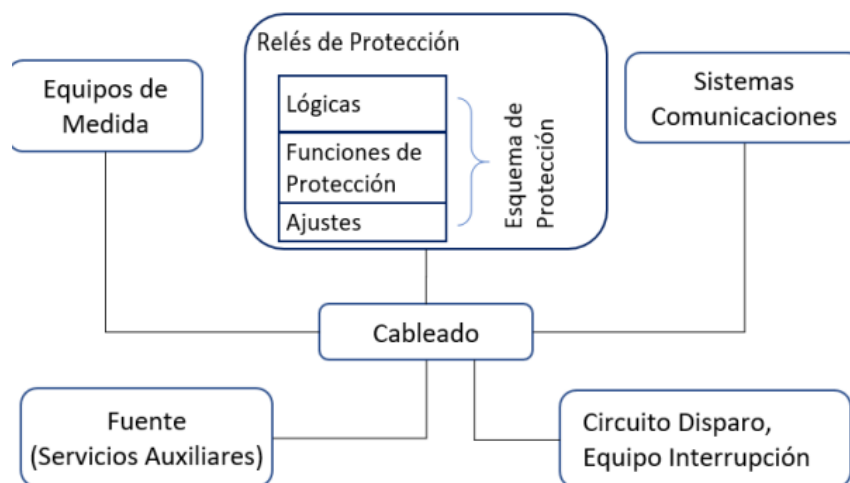


Figura 1. Modelo de sistema de protección

Fuente: (Piñeros et al., 2019)

http://www.cigrecolombia.org/Documents/Memorias/Workshop-B5-22-10-2019/B5.21_674.pdf

Estos dispositivos, actúan como un guardián eléctrico, vigilando constantemente las condiciones de operación de un equipo o sistema. En caso de detectar una situación anormal, como un cortocircuito o una sobrecarga, el SP entra en acción para aislar la parte afectada y prevenir daños mayores. Este sistema está formado por una serie de componentes que trabajan de manera coordinada: sensores que miden las variables eléctricas, relés que comparan estas mediciones con los valores límites establecidos, sistemas de comunicación que transmiten la información, y dispositivos de interrupción que desconectan el circuito cuando es necesario. La correcta selección y configuración de estos componentes, así como su interacción, son fundamentales para garantizar el funcionamiento seguro y confiable del sistema eléctrico (15).

2.2.2. Dispositivos de protección eléctrica

Su función principal es detectar y responder a cualquier anomalía que pueda surgir en un circuito eléctrico, como cortocircuitos, sobrecargas o fallas a tierra y funcionan de manera sencilla pero efectiva. Cuando se produce una falla, el dispositivo detecta un cambio en la corriente, la tensión o alguna otra variable eléctrica. Esta señal activa un mecanismo que interrumpe el flujo de corriente, aislando la parte defectuosa del circuito (15). El SEP está compuesto por el conjunto de las protecciones de las diferentes zonas de protección, donde se pueden identificar los componentes que la integran, los cuales

trabajan como un conjunto, en donde una deficiente operación de uno de ellos traerá como consecuencia una mala operación de todo el sistema de protección. Estos son los siguientes (13):

- **Relé.** Son dispositivos que responden ante ciertas características del sistema eléctrico como pueden ser el voltaje, corriente, frecuencia, factor de potencia, entre otros, los cuales se alteran al ocurrir una falla en el sistema. De esta manera, al no producirse variaciones en dichas características, los relés se mantienen inactivos, por el contrario, al presentarse una falla, este la detecta y actúa en función a la característica de la misma enviando una señal de apertura al interruptor respectivo a fin de aislar el componente donde se dio la falla (14). Un relé básico está conformado por una bobina y un contacto conectados como muestra la figura 1.

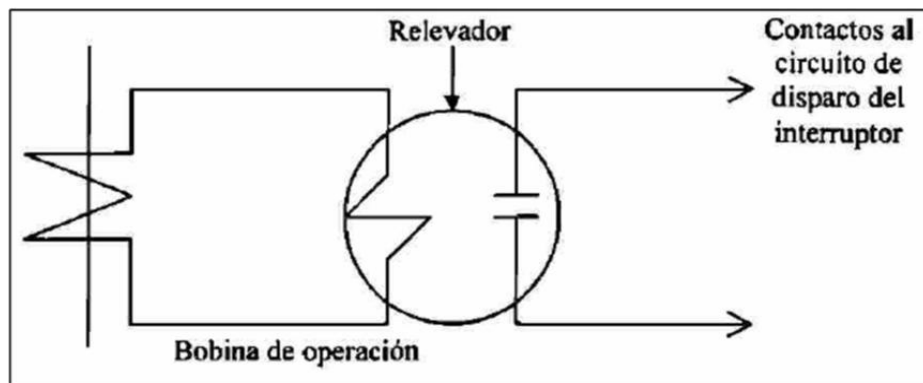


Figura 2. Partes básicas de un Relé.

Fuente: (García Fierro, 2015)

<https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/21010/Desarrollo%20de%20un%20relevador%20para%20proteccion%20de%20generacion%20distribuida%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Como se observa en el circuito de la figura 1, para que el relé pueda realizar su función de protección, recibe señales de entrada que pueden ser de corriente, voltaje, frecuencia, entre otras, las cuales provocarán que un relé cierre su contacto dentro de un circuito eléctrico ocasionando que éste por medio de un interruptor, aisle el sistema (14).

- **Fusibles.** Elemento que interrumpe el circuito sobre la base de que opera por los aumentos de corriente que se pueden generar en el sistema. El principio de operación consiste en que cuando se origina un incremento en la corriente, el fusible está diseñado de tal forma que un elemento metálico en forma de cintilla se

funde al aumentar la temperatura debido a tal fenómeno haciendo que el circuito se abra e interrumpa el flujo de corriente (14). En otras palabras, es un eslabón débil intencional en un circuito eléctrico. Si la corriente que pasa por el fusible excede un valor predefinido, el filamento interno se funde, interrumpiendo el flujo de corriente y evitando daños mayores en el circuito (15).

- **Sistema de tierra.** Puede constituirse de un único electrodo y del conductor que los une o de un sistema complejo, tanto en su diseño como en la construcción de los enlaces entre electrodos y conductores enterrados horizontalmente. Existen diversas configuraciones de estos sistemas, tales como tierra física el más elemental, tierra aislada usado principalmente en plantas telefónicas, tierra para protección contra rayos muy común en torres de alta tensión y de telefonía celular (15).

2.2.3. Zonas de protección

La protección del SEP se divide en zonas que presentan límites, en donde se encuentran interruptores que aíslan las fallas, transformadores de tensión y corriente que detectan estas dos características en estos límites, cuyas señales alimentan a los relés de protección. La delimitación de las mismas, es función de la ubicación de los transformadores de corriente que actúan como sensores de corrientes que entran o salen a la zona de protección; lo cual requiere de un traslape con la finalidad de no dejar ninguna parte del sistema eléctrico sin protección. La aplicación típica viene dada según el esquema mostrado en la figura 2.

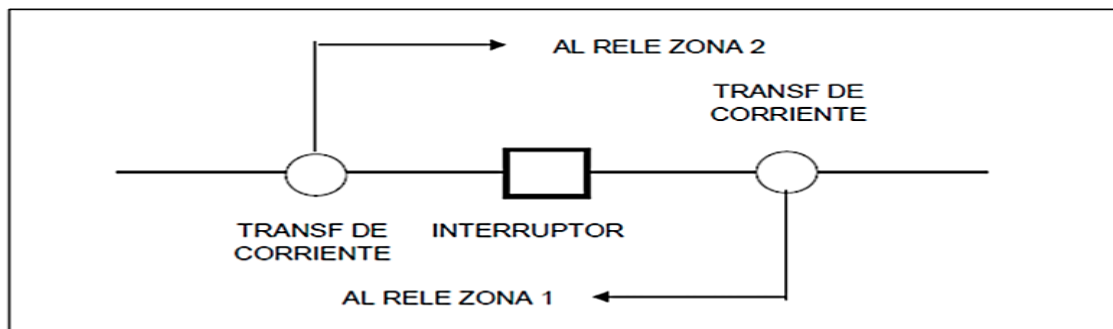


Figura 3. Traslape de las zonas de protección

Fuente: Requisitos mínimos para los sistemas de protección del SEIN, 2018, Pág. 10

Estas zonas están delimitadas por dispositivos de protección (como fusibles o interruptores automáticos) que actúan como guardianes, listos para aislar cualquier amenaza que surja dentro de su dominio. En términos más técnicos, una zona de

protección es una sección de un sistema eléctrico definida por dispositivos de protección que operan para aislar una falla y limitar el daño a una parte específica del sistema (13).

2.2.4. Problemas de estabilidad de los sistemas eléctricos de protección

Los sistemas eléctricos que la conforman tienden a fallar por diversas condiciones, a continuación, analizaremos las fallas más comunes:

Altas temperaturas en los conductores: una subestación requiere una evaluación cuidadosa de diversos factores ambientales, entre ellos, la corriente de carga, la temperatura ambiente, la velocidad del viento y la radiación solar. Estos elementos influyen directamente en la temperatura que alcanzará el conductor durante su funcionamiento, siendo necesario determinar un límite máximo para garantizar dos aspectos fundamentales (14):

- **Integridad mecánica:** La temperatura del conductor no debe superar el límite de diseño establecido por el fabricante, ya que temperaturas excesivas podrían comprometer las propiedades mecánicas del material, afectando su resistencia y durabilidad.
- **Seguridad eléctrica:** Las flechas (pandeo) de los conductores deben mantenerse dentro de los límites permitidos para evitar cortocircuitos o fallas por sobrecalentamiento, especialmente durante eventos como cortocircuitos, fuertes vientos o condiciones de alta temperatura.

Para calcular la temperatura de un conductor, es necesario considerar tanto los parámetros eléctricos (corriente de carga) como los meteorológicos (temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, radiación solar). Estos últimos influyen significativamente en la disipación de calor del conductor. Para simplificar los cálculos, se asume que la corriente de carga produce el mismo calentamiento en un conductor, independientemente de si es corriente alterna o directa, siempre y cuando la temperatura del conductor sea la misma en ambos casos (14).

Sobrecargas: ocurren cuando la corriente excede el límite de diseño, generando un calentamiento excesivo que puede dañar los conductores y equipos. Este fenómeno, proporcional al cuadrado de la corriente, puede causar envejecimiento prematuro de la instalación. Cuando la demanda eléctrica supera la capacidad nominal de una subestación, se produce una sobrecarga, causando un calentamiento anormal en los conductores debido a la relación cuadrática entre la corriente y el calor disipado. Si estas condiciones persisten, pueden provocar daños irreversibles en los equipos y, en casos extremos, incendios (14).

Cortocircuito: es una condición de falla en una subestación, provocada por un contacto eléctrico no intencional entre conductores, lo cual desencadena una descarga eléctrica de alta intensidad, siendo una condición compleja debido al arco eléctrico, lo que puede resultar en daños extensos a la instalación. El incremento abrupto de la corriente durante un cortocircuito genera un calentamiento excesivo de los conductores y puede provocar caídas de tensión significativas en el sistema. Los cortocircuitos se clasifican en cuatro tipos principales según la configuración de la falla: monofásico a tierra, bifásico, bifásico a tierra y trifásico. La falla trifásica, siendo la más severa, produce las corrientes de falla más elevadas. Dada la rapidez con la que se desarrollan estos eventos, los sistemas de protección deben ser capaces de operar en fracciones de segundo para aislar la falla. (14).

Sobretensiones: son aumentos bruscos de voltaje que exceden los valores nominales del sistema. Estas pueden ser causadas por factores externos como descargas atmosféricas o internos como maniobras de conmutación. Las consecuencias incluyen el deterioro del aislamiento, arcos eléctricos y riesgos para la seguridad y se pueden clasificar como; internas en temporales y de maniobra, siendo estas últimas de corta duración y asociadas a operaciones de interruptores (14).

2.2.5. Filosofía de los sistemas de protección

Un sistema de protección tiene por objetivo fundamental, proveer y garantizar en todo momento la localización y desconexión de fallas de manera automática de cualquier equipo o área afectada con el fin de minimizar los efectos en una instalación eléctrica (6). Para ello debe cumplir con las siguientes condiciones:

- **Confiabilidad y seguridad.** Implica que la protección funcione de manera correcta y que no opere innecesariamente. Para asegurar una buena confiabilidad de la protección, se recomienda que la protección principal sea redundante; es decir, se debe tener dos relés de protección físicamente diferentes (protección primaria y secundaria), los cuales deben operar de manera independiente uno del otro y de ser posible contar con baterías de alimentación diferentes. Estas protecciones actuarán en paralelo; es decir, cualquiera de ellas efectuará la acción de disparo de los interruptores (6) (16).
- **Sensibilidad y velocidad.** Se refiere a que la mínima falla responda de la zona a proteger. Para ello, se debe definir la operación de los relés de protección para detectar las fallas, el funcionamiento anormal del sistema y las condiciones indeseadas de los equipos. El ajuste y la coordinación de la protección deben tener

sensibilidad para detectar dichas condiciones por muy insipientes que resulten ser y, la velocidad para detectarlas lo más pronto posible (6) (16).

- **Selectividad.** Capacidad de identificar una falla y operar la mínima cantidad de interrupciones posibles para aislar fallas. La selectividad de la protección requiere un apropiado ajuste para detectar todas las fallas en la(s) zona(s) de protección; pero, también requiere una actuación debidamente coordinada. La función principal del ajuste y la coordinación de la protección, será la total selectividad con la máxima sensibilidad y velocidad. Sin embargo, en la realidad estas características no pueden ser maximizadas en totalidad de manera independiente, ya que están relacionadas entre sí (6) (16).

2.2.6. Protecciones eléctricas principales y de respaldo

El sistema de protección se puede conformar por protecciones principales y protecciones de respaldo, de acuerdo al elemento que se busca proteger presentará protecciones principales o protecciones principales y de respaldo.

- **Protección principal:** Opera cuando se detecta una falla y la aísla en el menor tiempo posible. Se caracterizan por su selectividad y porque su zona de protección está formada por uno o más elementos del sistema de potencia, como maquinas eléctricas, líneas y barras (3) (4).
- **Protección de respaldo:** Es una doble protección, para garantizar que cuando la protección principal no opere, esta se activa como método alternativo. Se dividen en dos tipos según su funcionalidad, protecciones de respaldo local, aplica cuando los tiempos de despeje de las fallas son muy largos, falta de selectividad en el disparo y problemas en alcanzar ajustes que sean sensibles para abarcar ciertas fallas en líneas adyacentes y protecciones de respaldo remoto que ofrece una protección ubicada en otro punto del sistema de potencia (3) (4).

2.2.7. Curva de protección/disparo

La curva de corriente-tiempo o curva de disparo de un interruptor posee dos zonas de operación como se aprecia en la figura 3. El interruptor tiene una operación de tiempo inverso en la zona de sobrecarga, es decir, mientras aumenta el nivel de corriente el tiempo

necesario para que el interruptor actúe disminuye. En la zona de corriente de falla se dispara instantáneamente (16).

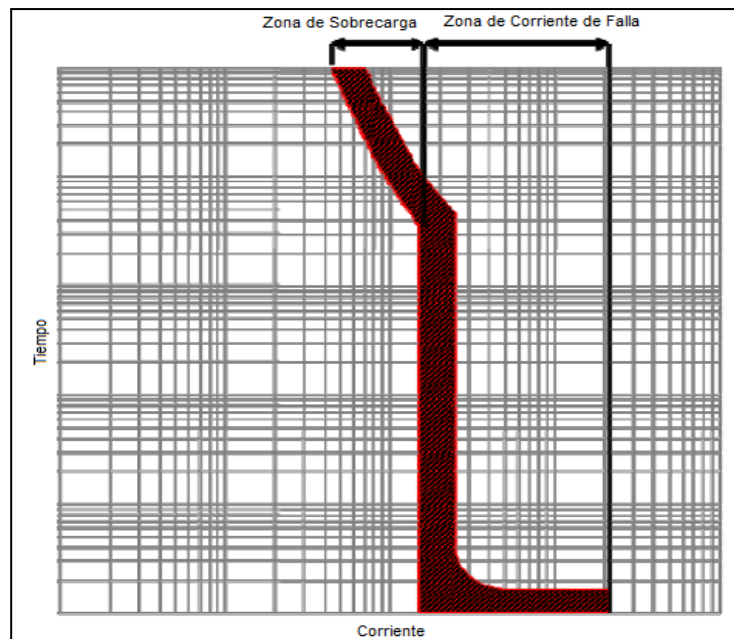


Figura 4. Curva de disparo de un interruptor

Fuente: (Rua Álvarez, 2022) <https://hdl.handle.net/10495/28968>

2.2.8. Protección de Sobreintensidad

La función de estas protecciones es detectar las sobreintensidades monofásicas, bifásicas o trifásicas, bien sean por una sobrecarga o a un cortocircuito, las cuales pueden ser:

- Curva DT (Direct Time): curva a tiempo independiente o definido. Se destacan porque operarán en un tiempo determinado independientemente del valor de intensidad con que actúen, siempre y cuando este valor de intensidad esté por encima del valor de referencia ajustado en el relé. Este tiempo puede ser ajustado, pero será constante y la curva está representada como se muestra en la figura 4. Dónde: I_s : umbral de intensidad y T : retardo de actuación de la protección (17).

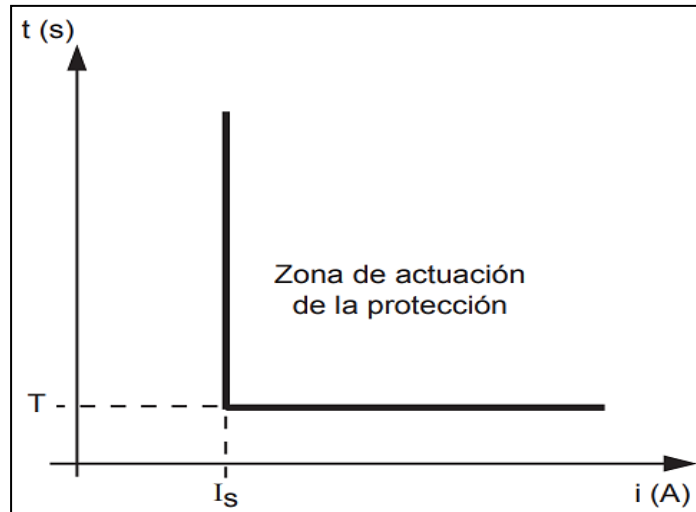


Figura 5. Relé de sobrecorriente a tiempo independiente

Fuente: <https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos/>

- Curva a tiempo dependiente: también conocida como de tiempo inverso, ya que el tiempo es inversamente proporcional a la corriente que haga actuar a la protección. Estas curvas se rigen por las ecuaciones definidas en la IEC 60255-3, donde t es el valor del tiempo de actuación de la protección en segundos, en función de la temporización de la protección a I/I_s veces (T). Las curvas están representadas por tres variantes que se aprecian en la figura 5 y son curva inversa (SIT), curva muy inversa (VIT) y curva extremadamente inversa (EIT). Donde $10I_s$ es el valor de referencia para T , T = Temporización de reglaje en SEPAM (ms o s) y I_s = umbral intensidad de reglaje SEPAM (en A).

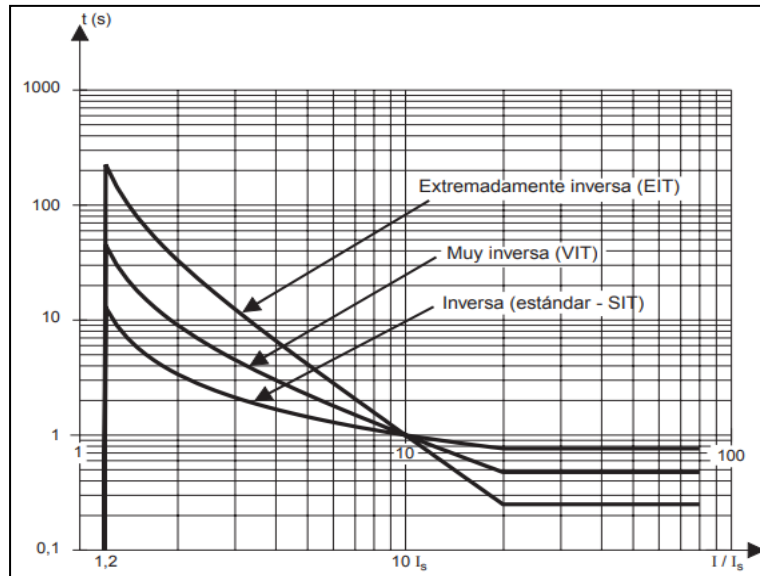


Figura 6. Curva de actuación a tiempo dependiente

Fuente: [https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos-/](https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos/)

El tiempo de operación y el sobre corriente están relacionados por la Ecuación 1, que establece la curva de operación característica del relé.

$$t = k + \frac{\beta}{I^\infty} - 1 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

t: tiempo de operación (s)

k: ajuste del multiplicador de tiempos (TMS)

I: corriente de falla que pasa por el relé (A)

Is: corriente de ajuste o calibración de corriente (A)

∞ y β : determinan el grado de característica inversa del relé

Para los primeros tres esquemas estándares, se emplean las constantes de la tabla 2.

Tabla 2. Constantes del tiempo de disparo según IEC

Característica	β	∞
Normalmente inversa	0.02	0.14
Muy inversa	1.00	13.50
Extremadamente inversa	2.00	80.00

Fuente: <https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos-/>

Las ecuaciones que definen las curvas características según IEC, inversa, muy inversa y extremadamente inversa esta representas de acuerdo a las Ecuaciones 2, 3 y 4 respectivamente.

$$t = \frac{0.14}{\frac{I^{0.02}}{I_p^{0.02}} - 1} \times T_p \quad \text{Ecuación 2}$$

$$t = \frac{13.5}{\frac{I^1}{I_p^1} - 1} \times T_p \quad \text{Ecuación 3}$$

$$t = \frac{80}{\frac{I^2}{I_p^2} - 1} \times T_p \quad \text{Ecuación 4}$$

Siendo:

t: tiempo de disparo

T_p : valor de ajuste del multiplicador de tiempo

I: corriente de avería

I_p : valor de ajuste de la corriente

Las curvas características de acuerdo a IEC se encuentran en la figura 6.

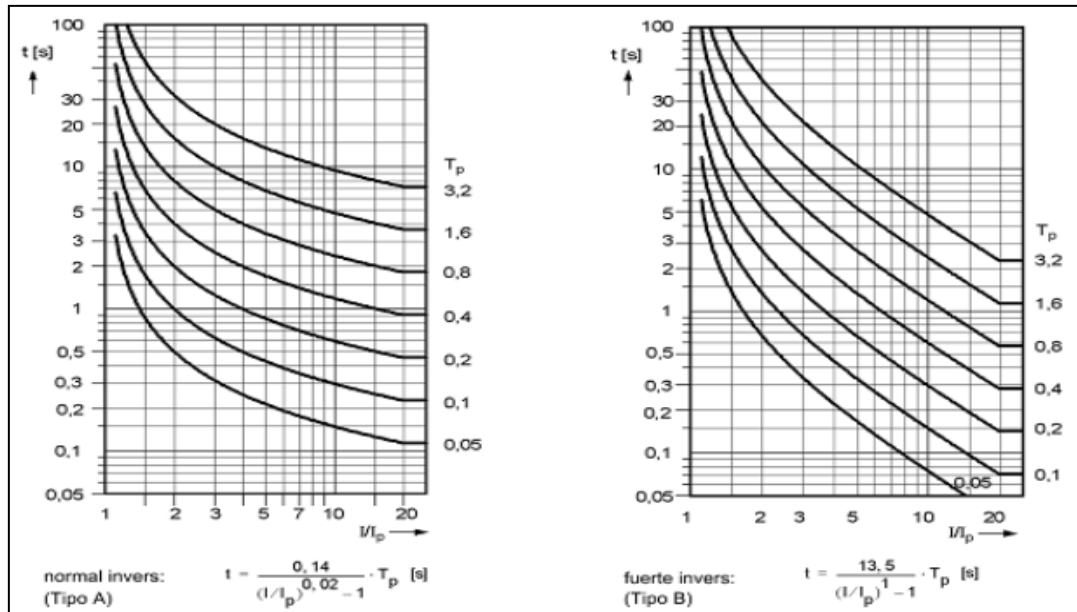


Figura 7. Curvas características según IEC

Fuente: <https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos/>

Las características de tiempo de disparo según ANSI para las curvas a tiempo dependiente estas establecidas por la norma IEEE C37-112 las cuales se presentan en las ecuaciones 5 y 6.

Para $0 < M < 1$
$$t(I) = \frac{T_r}{M^2 - 1}$$
 Ecuación 5

Para $M > 1$
$$t(I) = \frac{A}{M^P - 1} + B$$
 Ecuación 6

Donde:

M: I/I_p

t: tiempo de disparo

D: tiempo ajustable

I: corriente de falta

I_p : valor de ajuste de la corriente

Los tiempos de disparo para $I/I_p > 20$ son idénticos a los de $I/I_p = 20$.

Valor límite de arranque aprox. $1,06 \times I_p$

Valor límite de reposición aprox. $1,01 \times I_p$

Para los primeros esquemas estándar las constantes se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Constantes según ANSI

Características	A	B	p	tr
Moderadamente inversa	0.015	0.1140	0.0200	4.85
Muy inversa	19.61	0.491	2.0000	21.6
Extremadamente inversa	28.2	0.1217	2.0000	29.1

Fuente: <https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos/>

Las ecuaciones de las curvas características de acuerdo a ANSI están representadas por las Ecuaciones 7, 8, 9, 10 y 11.

Muy inversa	$t = \frac{3.922}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} + 0.0982 \times D$	Ecuación 7
-------------	--	------------

Inversa	$t = \frac{8.9341}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{2.0938} - 1} + 0.17966 \times D$	Ecuación 8
---------	---	------------

Moderadamente inversa	$t = \frac{0.0103}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0.02} - 1} + 0.0228 \times D$	Ecuación 9
-----------------------	--	------------

Extremadamente inversa	$t = \frac{5.64}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} + 0.02434 \times D$	Ecuación 10
------------------------	--	-------------

$$\text{Definitivamente inversa } t = \frac{0.4797}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{1.5695} - 1} + 0.21359 \times D$$

Ecuación 11

En la figura 7 se presentan las curvas características de acuerdo a ANSI.

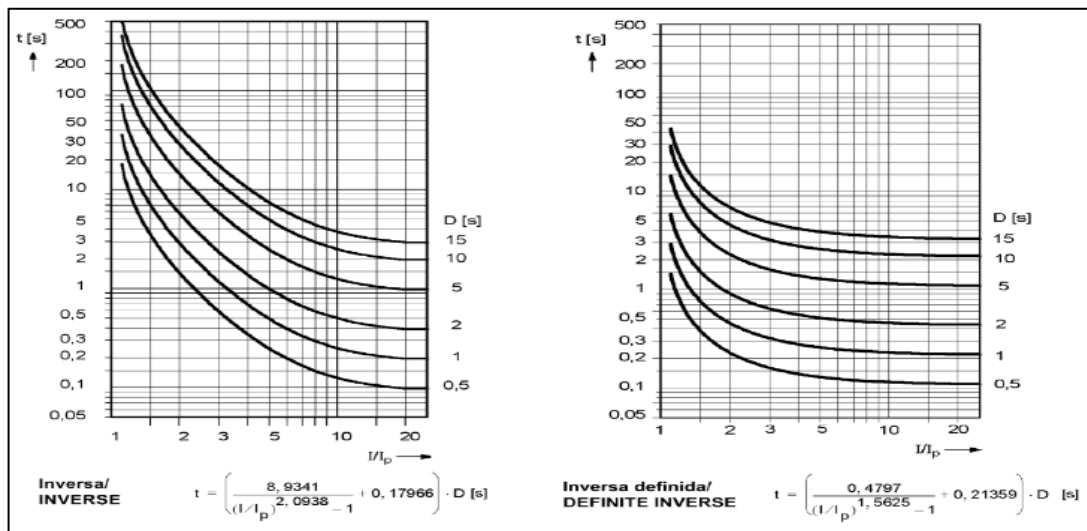


Figura 8. Curvas características según ANSI.

Fuente: [https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos-/](https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/proteccion-de-sistemas-electricos/)

2.2.9. Estudio de coordinación de protecciones

La coordinación de protecciones es esencial para asegurar que la falla sea aislada por el dispositivo de protección más cercano y que se minimice el número de elementos desconectados (2). Una mala coordinación puede llevar a:

- Falsas operaciones: Desconexión de elementos sanos.
- Fallas no aisladas: Persistencia de la falla en el sistema.
- Daños a equipos: Sobrecalentamiento y deterioro de los equipos

Su objetivo primordial es detectar y aislar rápidamente cualquier corriente eléctrica que supere los valores nominales de un circuito, ya sea por una sobrecarga o un cortocircuito (6). Para ello, se lleva a cabo los siguientes estudios.

Estudio de flujo de potencia. Un estudio de flujo de carga o flujo de potencia es el que determina en todo momento, las condiciones operativas de cualquier sistema eléctrico de potencia, como son el voltaje, corriente, potencia activa y reactiva, además del factor de potencia, establece uno de los estudios con mayor frecuencia en las centrales de generación, no así, como en las diferentes industrias y empresas eléctricas de distribución (6). Existen varios métodos numéricos para resolver las ecuaciones que describen el flujo de potencia en un sistema eléctrico, entre los más comunes se encuentran:

- Método de *Gauss-Seidel*: uno de los métodos más antiguos y sencillos.
- Método de *Newton-Raphson*: un método más eficiente y robusto, ampliamente utilizado en la industria.
- Método de *Fast Decoupled*: una variante del método de Newton-Raphson que explota las características de los sistemas de potencia para acelerar los cálculos.

Estudio de cortocircuito. El estudio de cortocircuito es fundamental ya que permite tener una idea establecida para el dimensionamiento de las protecciones. Cuando se manifiestan fallas en condiciones inapropiadas de trabajo, conduce a fenómenos como indeseables flujos de corrientes o presencia de corrientes elevadas (6). Algunos softwares especializados para realizar estudios de cortocircuito, algunos de los más utilizados son:

- ETAP: Un software muy popular en la industria.
- SKM PowerTools: Ofrece una amplia gama de herramientas para el análisis de sistemas eléctricos.
- ASPEN OneLiner: Un software con una interfaz gráfica intuitiva.

Teoría de la protección de sobre - corriente. La protección de sobre -corriente es empleada generalmente, como protección principal en alimentadores radiales y en transformadores de distribución de poca capacidad; estos últimos en conjunto y coordinadamente con reconectadores, seccionlizadores y fusibles. Este tipo de protecciones también se usa como protección de respaldo en equipos más importantes dentro del sistema eléctrico como son transformadores de potencia,

generadores, etc. Así mismo, puede ser utilizada para determinar fallas entre fases o con contacto a tierra (6).

2.2.10. Características de operación

Por una parte, las características de tiempos de operación pueden establecerse en función del tiempo en el que se despeja la falla, para lo cual se diferencian dos tipos de relés:

- Instantáneos: del código ANSI 50, una vez alcanzado un umbral de corriente, el relé da su comando de operación de forma inmediata (16)
- Retardados: del código ANSI 51, una vez que se supera un umbral de corriente, este relé da su comando de operación bajo una característica de tiempo definida en el plano “corriente vs tiempo” (16).

Entretanto, una protección de sobrecorriente con característica temporizada 51, toma en cuenta dos variables para la operación:

- Corriente mínima de operación: se conoce como corriente “pick up” y corresponde al valor de ajuste de corriente sobre el cual se establece el inicio de funcionamiento del relé (13).
- Tiempos de operación: se refiere a la característica de tiempos en los que un relé emitirá su orden de operación (13).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Métodos y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método

Método cuantitativo del tipo deductivo, el cual permite pasar de principios generales a hechos específicos, partiendo de la teoría, la recolección de datos numérica y el análisis estadístico, tras lo cual se derivan las hipótesis de la investigación que son sometidas a prueba (17) (18). De esta manera, se busca recolectar parámetros eléctricos mediante el análisis de flujo de potencia realizado en simulaciones a diferentes condiciones de operación, siendo necesario así, emplear el método cuantitativo, al requerirse de parámetros numéricos (rapidez, selectividad y confiabilidad), para poder comprender la realidad y, de esta manera, poder evaluar y mantener la operatividad de un nuevo sistema de bombeo en una minera en el distrito de San Marcos en el año 2021.

3.1.2. Alcance

El estudio comprende un alcance explicativo debido a que, está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos, tomando en cuenta las condiciones en las que se producen (18). En este caso de estudio, se explicó el comportamiento de las protecciones eléctricas en cuanto a su rapidez, selectividad y confiabilidad a partir del análisis de flujo de potencias mediante las iteraciones de diferentes condiciones de perturbaciones del sistema hasta obtener la carga crítica.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación corresponde al tipo cuasiexperimental de corte transeccional, ya que consiste en la manipulación deliberada del flujo de potencia y cortocircuito y presentar un diseño de protecciones eléctricas en función al comportamiento observado en simulaciones para un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una empresa minera, analizando caso de estudio preestablecidos para subestación de 23 kV y 4.16 kV, es decir, los elementos no se asignaron al azar (18). De esta manera, las simulaciones se realizaron a los equipos y protecciones eléctricas que comprenden el nuevo sistema de bombeo para la subestación en 23 kV, los relés de protección en las secciones 24 y 62; en 4.16 kV, los relés de protección para cada bomba implementada.

3.3. Población y Muestra

La población constituye el conjunto de elementos con características similares a los cuales se le aplica el estudio con el fin de extraer conclusiones, en tanto que la muestra comprende un sub conjunto fielmente representativo de la población (19). Por tanto, para la presente investigación la muestra será censal o, la población será el universo, lo que quiere decir que el estudio se aplicó al total de relés de protecciones eléctricas que comprenden el nuevo sistema de bombeo; los cuales corresponden a los circuitos 24 y 62, siendo estos un total de 23 dispositivos, según la descripción en la tabla 4.

Tabla 4. Universo de estudio

Ítem	Relé ID	Sub - estación
1	Relay Model_740- XFR- 03_LV	Subestación principal
2	Relay Model_SECC24	Sección 24
3	Relay Model_440- XFP-986_HV	Sección 24
4	Relay Model_440- XFP-986_LV	Sección 24
5	Relay Model_SECC62	Sección 62
6	Relay Model_440- XFP-985_HV	Sección 62
7	Relay Model_440-XFP-985_LV	Sección 62
8	Relay Mode_440- PPV-1031A	440-MCM- 1101 A
9	Relay Mode_440- PPV-1032A GE	440-MCM- 1101 A
10	Relay Mode_440- PPV-1033A	440-MCM- 1101 A
11	Relay Mode_440- PPV-1034A	440-MCM- 1101 A
12	Relay Mode_440- PPV-1035A	440-MCM- 1101 A
13	Relay Mode_440- PPV-1036A	440-MCM- 1101 A
14	Relay Mode_440- PPV-1037A	440-MCM- 1101 A
15	Relay Mode_440- PPV-1038A	440-MCM- 1101 A
16	Relay Mode_440- PPV-1039A	440-MCM- 1101 B
17	Relay Mode_440- PPV-1040A	440-MCM- 1101 B
18	Relay Mode_440- PPV-1041A	440-MCM- 1101 B
19	Relay Mode_440- PPV-1042A	440-MCM- 1101 B
20	Relay Mode_440- PPV-1043A	440-MCM- 1101 B
21	Relay Mode_440- PPV-1044A	440-MCM- 1101 B
22	Relay Mode_440- PPV-1045A	440-MCM- 1101 B
23	Relay Mode_440- PPV-1046A	440-MCM- 1101 B

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos primaria fue la observación directa, puesto que a través de ella los datos de una unidad de análisis o fenómeno, son recolectados para ser procesados y transformados en información (20), empleando como instrumento las fichas de observación para el registro de la información, según el siguiente procedimiento:

- Descripción del sistema del nuevo sistema bombeo del caso de estudio.
- Toma de información y procesamiento para el modelamiento.
- Establecimiento de las condiciones y criterios para el análisis de flujo de potencia y análisis de cortocircuito.
- Ejecución del análisis de flujo de potencia y de cortocircuito.
- Parametrización de los equipos de protección.
- Ejecución del estudio de coordinación de protecciones.
- Determinación de los ajustes de relés en los elementos del sistema.

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se fundamentan en el análisis estadístico descriptivo, en los criterios de análisis de las normas ANSI/IEEE y los modelos matemáticos integrados desarrollados en el software de ingeniería aplicada DIgSILENT PowerFactory 2021.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Análisis de flujo de potencia y cortocircuito

Este análisis comprende las barras de 23 kV y 4.16 kV de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada. El flujo de potencia implica el cálculo de las variaciones de voltaje, factor de potencia, potencia activa y reactiva para verificar la cargabilidad de los transformadores, cables y líneas aéreas proyectadas para la futura subestación y sala eléctrica. En tanto para el cortocircuito, se calculan los niveles de cortocircuito para las diferentes barras proyectadas.

Para el estudio, se identificó en campo, con el cliente minero, el funcionamiento del suministro eléctrico, siendo este de 23 kV proveniente del circuito 24 de la barra B y circuito 62 de la barra C de la subestación principal. De este modo, en función de la filosofía de operación y del modo de suministro eléctrico, se consideraron cuatro (4) casos de estudio, como se describen a continuación:

- Caso 1: condiciones normales de operación. Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-62 y troncal C-24, suministro de energía al 50% de la máxima demanda de los transformadores 440-XFP-985 y 440-XFP-986 respectivamente, TIE abierto.
- Caso 2: condiciones de contingencia. Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-62, suministro de energía al 100% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-985. TIE cerrado.
- Caso 3: condiciones de contingencia. Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-24, suministro de energía al 100% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-986. TIE cerrado.
- Caso 4: condiciones de contingencia. (temporal mientras dure la transferencia) Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-62 y C-24, suministro de energía al 50% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-985 y del transformador 440-XFP-986. Trabajando en paralelo con el TIE cerrado.

Flujo de carga. Se realizó empleando la herramienta “flujo de carga” del programa de simulación DIgSILENT Power Factory 2021. Para lo cual se aplicaron los criterios y consideraciones resumidas en la tabla 5.

Tabla 5. Criterios y consideraciones para validar el estudio de flujo de carga

Criterios	Tolerancia de ΔV en barras de tensión	Operación normal	$\pm 5\%$ tensión nominal
		Operación contingencia	-5% a 10% tensión nominal (3 a 60 s)
	Caída de tensión	Acometidas desde la red de suministro exterior	5.00%
Consideraciones	Carga límite en líneas y transformadores	Operación normal	Hasta 100% de su potencia nominal
		Operación contingencia	Hasta 120% de su potencia nominal
	Derivación de tensión	Tap central	0%
	Factor de servicio	Para todas las cargas	1.15

Fuente: Elaboración Propia

Las características de los componentes del sistema eléctrico modelados en el software, se describen a continuación:

- Línea aérea. La línea proyectada AAAC de 240 mm² tuvo un $R(+)=0.145$ Ohm/km @26°C; $X(+)=0.279$ Ohm/km y $GMR=0.00753$ m.
- Transformadores de distribución. Fueron modelados como elementos pasivos usando el equivalente π . Los parámetros fueron obtenidos de los datos de placas de cada transformador y el plano N° 440-E-20041 Diagrama Unifilar de Media Tensión 23 kV del proyecto y se resumen en la tabla 6.

Tabla 6. Características de transformadores de distribución

Transformador	Relación de tensión	Potencia nominal (kVA)	Impedancia (%Z)	Relación X/R	Resistencia neutro a tierra
440-XFP-985	23/4.16	18000	6.72	18.6	400A, 6 Ω
440-XFP-986	23/4.16	18000	6.8	18.6	400A, 6 Ω
440-XFD-1101	4.16/0.48	300	5.92	4.7	-
440-XFD-1102	4.16/0.48	300	5.92	4.7	-

Fuente: Elaboración Propia

- Cable de energía. Son modelados como elementos pasivos usando resistencias y reactancias en serie, según la información de los planos unifilares (anexos 1, 2, 3 y 4).
- Características de las cargas. Las cargas son modeladas en régimen permanente con absorción de potencia constante. Las características del

motor se tomaron de información proporcionada por la compañía minera (anexo 5).

De esta manera, en la tabla 7 se muestran los resultados de los voltajes en las barras para cada caso de estudio, en tanto, en la tabla 14 se describen los resultados de la potencia activa, reactiva, factor de potencia, corriente y cargabilidad de barras y los equipos eléctricos de media tensión.

Tabla 7. Nivel de tensión en barras para los 4 casos de estudio

Ítem	Terminal	Flujo voltaje (kV)	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4	
			Bus Voltaje (p.u)	Bus Voltaje (kV)	Bus Voltaje (p.u)	Bus Voltaje (kV)	Bus Voltaje (p.u)	Bus Voltaje (kV)	Bus Voltaje (p.u)	Bus Voltaje (kV)
1	ANT 23C	23	1.01	23.25	1.01	23.25	1.01	23.25	1.01	23.25
2	ANT23B	23	1.01	23.25	1.01	23.25	1.01	23.25	1.01	23.25
3	P62-1	23	1.01	23.25	1.01	23.23	1.01	23.25	1.01	23.25
4	P62-2	23	1.01	23.24	1.01	23.23	1.01	23.25	1.01	23.24
5	P24-1	23	1.01	23.25	1.01	23.25	1.01	23.24	1.01	23.25
6	P24-2	23	1.01	23.24	1.01	23.25	1.01	23.23	1.01	23.24
7	Bus-440- SGM- 985	23	1.01	23.24	1.01	23.23	1.01	23.25	1.01	23.24
8	Bus-440- SGM- 986	23	1.01	23.24	1.01	23.25	1.01	23.23	1.01	23.25
9	Bus-440- MCM- 1101 A	4.16	1.00	4.15	0.99	4.10	0.99	4.10	0.99	4.15
10	Bus-440- MCM- 1101 B	4.16	1.00	4.15	0.99	4.10	0.99	4.10	0.99	4.15
11	Bus-440- PPV- 1031A	4.16	0.98	4.10	0.97	4.04	0.97	4.04	0.99	4.10
12	Bus-440- MCL- 1101	0.48	0.98	0.47	0.97	0.46	0.97	0.46	0.98	0.47

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de las tensiones en cables eléctricos (Caso 1)

Utilizando los parámetros eléctricos de cables, conductores, transformadores, etc., que se utilizaron en el software DIgSILENT Power Factory 2021, se realizó el circuito a analizar (figura 9).

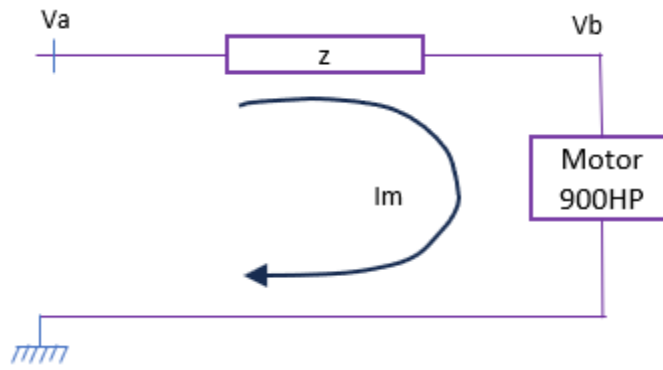


Figura 9. Circuito Eléctrico Simplificado

Fuente: Elaboración Propia

De donde se tiene la siguiente ecuación:

$$V_a - V_b = Z * I_m$$

Pero se desprecia el efecto de la capacitancia por ser muy pequeña.

$$Z = R * I_m = R * \frac{\rho x L}{S}$$

Reemplazando en la ecuación se tiene

$$V_a - V_b = R * \frac{\rho x L}{S} * I_m$$

Donde la corriente que pasa por el cable es la misma que pasa por el motor, entonces en base a esa premisa obtenemos

$$I_m = \frac{P_{hp}}{\sqrt{3} V_b \cos(\varphi)}$$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$V_a - V_b = R * \frac{\rho x L}{S} * \frac{P_{hp}}{\sqrt{3} V_b \cos(\varphi)}$$

Resolviendo la ecuación de segundo grado obtenemos:

$$V_b = \frac{S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s \pm \sqrt{(S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s)^2 - 4S\sqrt{3}\cos(\varphi)\rho LP_{hp}}}{2S\sqrt{3}\cos(\varphi)}$$

Hallando la diferencia de potencial se tiene

$$V_s - V_b = V_s - \frac{S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s \pm \sqrt{(S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s)^2 - 4S\sqrt{3}\cos(\varphi)\rho LP_{hp}}}{2S\sqrt{3}\cos(\varphi)}$$

$$V_s - V_b = \frac{2S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s - S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s \mp \sqrt{(S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s)^2 - 4S\sqrt{3}\cos(\varphi)\rho LP_{hp}}}{2S\sqrt{3}\cos(\varphi)}$$

$$V_s - V_b = \frac{S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s \mp \sqrt{(S\sqrt{3}\cos(\varphi)V_s)^2 - 4S\sqrt{3}\cos(\varphi)\rho LP_{hp}}}{2S\sqrt{3}\cos(\varphi)}$$

Para nuestro caso tenemos:

S= sección del conductor

L= longitud del conductor

ρ = Resistividad del material =0.0175 ohm-mm²/W

P_{hp} =Potencia del motor

V_s =tensión de envío

$\cos(\varphi)$ =cos fi del motor.

Para esta sección, se toma como cable adecuado para las condiciones a implementar 1/C 1-3 NYY / 38mm²l + ground. Entonces para el cable seleccionado se evalúa la caída de tensión

$$V_s - V_b = 64.8442 \text{ V}$$

$$V_b = 4095.16 \text{ V}$$

En porcentaje, respecto a la tensión de envío $V_s = 4160\text{V}$ como se indica en la tabla 8.

$$\Delta V\% = 2\%$$

Tabla 8. Resultados Obtenidos comparados con tabla 7 Caso 1

Barra	Tensión (kV)	Software Digsilent (kV)	Error
Bornera Motor	4095.16	4.10 (Ítem 11)	0.12%

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de las tensiones en barra por Gauss – Seidel (Caso 1)

Utilizando los parámetros eléctricos de cables, conductores, transformadores, y otros, se utilizaron en el software DIgSILENT Power Factory 2021, se realizó el circuito a analizar de acuerdo a la figura 10.

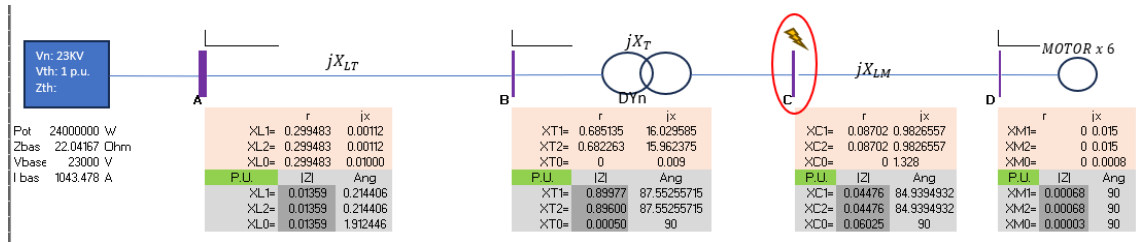


Figura 10. Circuito Eléctrico Simplificado

Fuente: Elaboración Propia

Por el método de Gauss Seidel. Se toma como punto fijo la barra A, entonces

$$E_1 = 1 \angle 0^\circ = p. u.$$

Entonces por el método iterativo hallaremos las tensiones en las barras 2, 3 y 4.

$$E_2^{K+1} = \frac{KL_2}{(E_2^K)^*} - Y_{L21}E_1 - Y_{L23}E_3^K$$

$$E_3^{K+1} = \frac{KL_3}{(E_3^K)^*} - Y_{L32}E_2 - Y_{L34}E_4^K$$

$$E_4^{K+1} = \frac{KL_4}{(E_4^K)^*} - Y_{L43}E_3$$

Para aplicar estos últimos, debemos tener como base los niveles de tensión en las barras mencionadas, teniendo en cuenta que estas últimas variarían de acuerdo con el método iterativo escogido.

$$E_2^1 = 1 \angle 0^\circ = p. u.$$

$$E_3^1 = 1 \angle 0^\circ = p. u.$$

$$E_4^1 = 1 \angle 0^\circ = p. u.$$

Los valores de KL_x lo sacamos de la suma de potencias en la barra donde se quiere determinar la tensión, en este caso:

$$KL_2 = \frac{P_2 - jQ_2}{Y_{22}}$$

$$KL_3 = \frac{P_3 - jQ_3}{Y_{33}}$$

$$KL_4 = \frac{P_4 - jQ_4}{Y_{44}}$$

Cabe recordar que todas las operaciones se realizan de forma fasorial donde:

$$E_0^{K+1} = R + jX = |E| \angle \theta^\circ$$

$$(E_0^{K+1})^* = R - jX = |E| \angle -\theta^\circ$$

Los valores de las admitancias se obtienen desde la matriz de admitancias, donde:

$$YL_{12} = Y_{12} * \frac{1}{Y_{22}} = -YL_{21}$$

$$YL_{23} = Y_{23} * \frac{1}{Y_{33}} = -YL_{23}$$

$$YL_{34} = Y_{34} * \frac{1}{Y_{44}} = -YL_{43}$$

En la figura 11, se muestra que con los valores obtenidos se reemplazan en las ecuaciones iterativas definidas hasta encontrar un valor casi constante entre el nuevo valor y el valor anterior, en el circuito desarrollado se encontró que esta estabilidad ocurre después de 70 iteraciones.

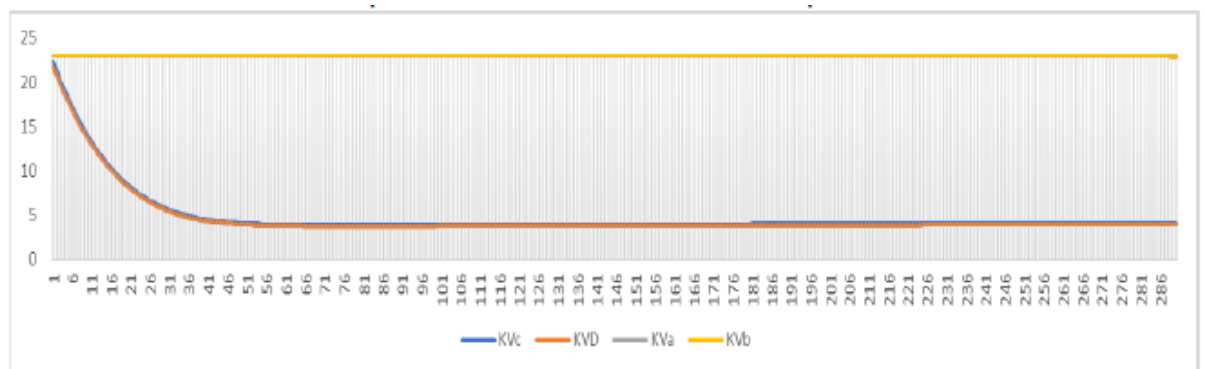


Figura 11. Circuito Eléctrico Simplificado

Fuente: Elaboración Propia

Se construye la matriz de impedancias, admitancias y admitancias paralelas que se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Matriz de impedancias, admitancias y admitancias paralelas

Barra	Impedancia		Admitancia		Admitancia Paralela	
	r	x	Yr	Yx	YY	
A - B	0.0135871	5.08446E-05	73.598027	-0.275412	0.006793	1.00
B - C	0.0384229	0.89895194	0.0474597	-1.110378	0.0000	0.00
C - D	0.0039478	0.044581733	1.9708497	-22.25619	-0.25	1.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Matriz de admitancias

Barra	A		B		C		D	
A	73.601	0.22	-73.59803	0.275412	0	0	0	0
B	-73.59803	0.275412325	73.621757	-0.83	-0.04746	1.110378	0	0
C	0	0	-0.04746	1.110378	1.893455	-22.867062	-1.97085	22.25619
D	0	0	0	0	-1.97085	22.2561872	1.72	-21.26

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Características eléctricas en cada barra

Barra	Tensión Asumida		Generación		Carga	
A	1	0	?	?		
B	1	0	0	0	0	0
C	1	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	0.671	0.136

Fuente: Elaboración Propia

Para el método iterativo de Gauss Seidel, necesitamos las siguientes constantes (tabla 12 y 13):

Tabla 12. Constantes para el método iterativo Gauss-Seidel Parte 1

	YPQ/YPP	ABS	ANG
A-B	-0.999933122	0.0068	0.999956
B-C	-0.000814696	0.0151	0.015095
C-D	-0.973746076	-0.006	0.973762

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Constantes para el método iterativo Gauss-Seidel Parte 2

Barra	KLP (Pot e Barra)		KLP		Volt. Asumidos	
					V	ANG
A	-	-	-	-	1	0
B	0	0	0	0	1	0
C	0	0	0	0	1	0
D	-0.02796	0.005678	-0.000371152	0.001328238	1	0

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando el método iterativo de Gauss – Seidel, obtenemos la siguiente gráfica (figura 12) de las barras, observando cómo evolucionan en cada iteración.

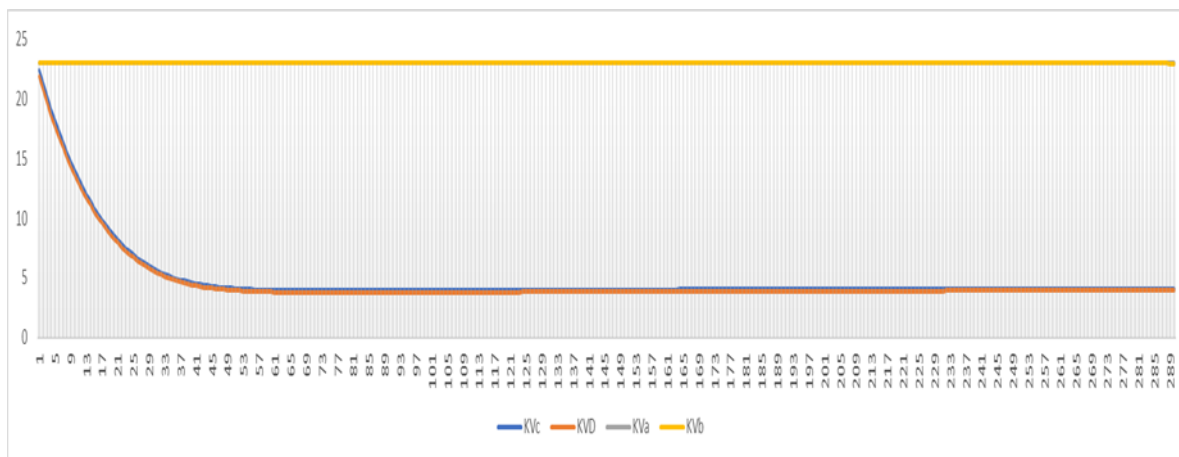


Figura 12. Voltajes obtenidos por método iterativo Gauss-Seidel

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Resultados Obtenidos comparados con tabla 7 Caso 1

Barra	Tensión (kV)	Software Digsilent (kV)	Error
A	23.000	23.25 (Ítem 2)	1.03%
B	22.954	23.24 (Ítem 8)	1.23%
C	4.165	4.15 (Ítem 9)	-0.35%
D	4.002	4.15 (Ítem 10)	3.56%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Flujo de potencia de las barras

	Fault Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)		CASO 01					CASO 02					CASO 03					CASO 04				
				Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)
1	ANT23C	23	CABLE_440SWM1101-A	5.00	3.18	0.84	0.15	13.05	9.41	6.23	0.83	0.28	24.83	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.06	4.73	3.00	0.84	0.14	12.34
2	ANT23B	23	CABLE_440SWM1103-A	4.39	2.78	0.85	0.13	11.44	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.06	9.42	6.23	0.83	0.28	24.84	4.66	2.95	0.85	0.14	12.15
3	P62-1	23	Line_DerivSecc62/S	5.00	3.20	0.84	0.15	21.07	9.41	6.25	0.83	0.28	40.08	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.02	4.73	3.02	0.84	0.14	19.92
			CABLE_440SWM1101-A	-5.00	-3.20	-0.84	0.15	13.05	-9.41	-6.25	-0.83	0.28	24.83	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	-4.73	-3.02	-0.84	0.14	12.34
4	P62-2	23	Line_DerivSecc62/S	-5.00	-3.20	-0.84	0.15	21.07	-9.41	-6.24	-0.83	0.28	40.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-4.73	-3.02	-0.84	0.14	19.92
			CABLE_440SGM985-A1	5.00	3.20	0.84	0.15	13.06	9.41	6.24	0.83	0.28	24.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	4.73	3.02	0.84	0.14	12.35
5	P24-1	23	Line_DerivSecc24/S	4.39	2.80	0.84	0.13	18.48	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.02	9.41	6.25	0.83	0.28	40.10	4.66	2.97	0.84	0.14	19.62
			CABLE_440SWM1103-A	-4.39	-2.80	-0.84	0.13	11.44	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	-9.41	-6.25	-0.83	0.28	24.84	-4.66	-2.97	-0.84	0.14	12.15
6	P24-2	23	Line_DerivSecc24/S	-4.39	-2.79	-0.84	0.13	18.48	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	-9.41	-6.24	-0.83	0.28	40.10	-4.66	-2.97	-0.84	0.14	19.62
			CABLE_440SGM986-A1	4.39	2.79	0.84	0.13	11.45	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	9.41	6.24	0.83	0.28	24.85	4.66	2.97	0.84	0.14	12.16
7	Bus-440-SGM-985	23	Cable_440XFP985-A1	5.00	3.20	0.84	0.15	13.06	9.41	6.24	0.83	0.28	24.84	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.01	4.73	3.03	0.84	0.14	12.35
			CABLE_440SGM985-A1	-5.00	-3.20	-0.84	0.15	13.06	-9.41	6.24	-0.83	0.28	24.84	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.01	-4.73	-3.03	-0.84	0.14	12.35
8	Bus-440-SGM-986	23	Cable_440XFP986-A1	4.39	2.80	0.84	0.13	22.91	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.01	9.41	6.25	0.83	0.28	24.85	4.66	2.97	0.84	0.14	12.16
			CABLE_440SGM986-A1	-4.39	-2.80	-0.84	0.13	11.45	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.01	-9.41	-6.25	-0.83	0.28	24.85	-4.66	-2.97	-0.84	0.14	12.16
9	Bus-440-MCM-1101 A	4.16	440-XFP-985	-4.99	-3.08	-0.85	0.82	32.66	-9.38	-5.78	-0.85	1.55	62.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-4.73	-2.91	-0.85	0.77	30.89
			Cable-440PPV1031A	0.61	0.37	0.85	0.10	33.12	0.61	0.37	0.85	0.10	33.55	0.61	0.37	0.85	0.10	33.56	0.61	0.37	0.85	0.10	33.10
			TIE	-	-	-	-	-	4.39	2.70	0.85	0.73	0.00	-5.00	-3.07	-0.85	0.83	0.00	-0.27	-0.16	-0.86	0.04	0.00
			Fuse-440-MCL-1101	0.13	0.09	0.84	0.02	51.97	0.13	0.09	0.84	0.02	52.30	0.13	0.09	0.84	0.02	52.66	0.13	0.09	0.84	0.02	51.93

	Fault Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)		CASO 01					CASO 02					CASO 03					CASO 04				
				Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)	Active Power (MW)	Reactive Power (Mvar)	Power Factor	Current (kA)	Loading (%)
10	Bus-440-MCM-1101 B	4.16	440-XFP-986	-4.39	-2.70	-0.85	0.72	28.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-9.38	-5.78	-0.85	1.55	62.15	-4.66	-2.86	-0.85	0.76	30.41
			Cable-440PPV1039A	0.61	0.37	0.85	0.10	33.08	0.61	0.37	0.85	0.10	33.55	0.61	0.37	0.85	0.10	33.56	0.61	0.37	0.85	0.10	33.10
			TIE	-	-	-	-	-	-4.39	-2.70	-0.85	0.73	0.00	5.00	3.07	0.85	0.83	0.00	0.27	0.16	0.86	0.04	0.00
			Fuse-440-MCL-1102	0.13	0.09	0.84	0.02	51.89	0.13	0.09	0.84	0.02	52.63	0.13	0.09	0.84	0.02	52.66	0.13	0.09	0.84	0.02	51.93
11	Bus-440-PPV-1031A	4.16	440-PPV-1031A	0.60	0.37	0.85	0.10	87.30	0.60	0.37	0.85	0.10	87.30	0.60	0.37	0.85	0.10	87.30	0.60	0.37	0.85	0.10	87.30
			Cable-440PPV1031A	-0.60	-0.37	-0.85	0.10	33.12	-0.60	-0.37	-0.85	0.10	33.55	-0.60	-0.37	-0.85	0.10	33.55	-0.60	-0.37	-0.85	0.10	33.10
12	Bus-440-MCL-1102	0.48	440-MCL-1101	0.13	0.08	0.85	0.19	-	0.13	0.08	0.85	0.19	-	0.13	0.08	0.85	0.19	-	0.13	0.08	0.85	0.19	-
			Fuse-440-MCL-1101	-0.13	-0.08	-85.00	0.19	51.97	-0.13	-0.08	-85.00	0.19	52.63	-0.13	-0.08	-0.85	0.19	52.66	-0.13	-0.08	-0.85	0.19	51.93

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las tablas 7 y 15, para los 04 casos de estudio los transformadores 440-XFP-985 / 440-XFP-986 cubrirán la máxima demanda proyectada en las barras Bus-440SGM985 / Bus-440SGM986. Asimismo, se puede observar que el flujo de potencia para la máxima demanda transmitida por los cables, líneas aéreas, no los sobrecargan. Para los 04 casos de estudio, todas las barras de distribución proyectadas tienen valores de tensión en el rango de +/- 5% y en los bornes de los motores de media tensión 440-PPV-1031A @ 440-PPV-1046A se alcanzará una caída de tensión de 3% para los casos 2 y 3.

Cortocircuito. El objetivo de estos análisis, es obtener los valores requeridos para el diseño de los equipos eléctricos que se utilizaran en el proyecto de acuerdo con las últimas ediciones de los estándares ANSI / IEEE (serie C37) y los estándares IEC (IEC 60909 y otros). Para ello, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El análisis de falla por cortocircuito trifásico, que corresponden al contacto de las tres fases en un mismo punto del sistema.
- El análisis de falla por cortocircuito bifásico, que corresponden al contacto de dos fases en un mismo punto del sistema.
- El análisis de falla por cortocircuito monofásico a tierra, que corresponden al contacto de una de las fases a tierra.
- El análisis de falla por cortocircuito bifásico a tierra, que corresponden al contacto de dos fases a tierra.

Los resultados de cortocircuito para cada barra, se muestran en las tablas 16 y 17 para los 4 casos de estudio, donde se muestra que para el caso de estudio 02, la barra de 23 kV “Bus-440SGM985” alcanzará un valor máximo de 29.76 kA (falla trifásica) y la barra de 4.16 kV “Bus-440MCM1101A y Bus-440MCM1101B, alcanzará un máximo de 44.37 kA, siendo en ambos casos valores dentro de lo establecido en los diseños del proyecto (50 kA).

Tabla 16. Resultados de cortocircuito para los casos 1 y 2

	Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)	CASO 01								CASO 02							
			MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO								MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO							
			3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)				3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)				0 Ohm	25 Ohm
						0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm				0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm		
1	ANT23C	23	33.231	28.645	28.757	0.449	0.256	0.179	0.111	33.007	28.450	28.563	0.449	0.256	0.179	0.111		
2	ANT23B	23	33.231	28.645	28.757	0.449	0.256	0.179	0.111	33.007	28.450	28.563	0.449	0.256	0.179	0.111		
3	P62-1	23	32.058	27.637	27.750	0.449	0.255	0.178	0.111	31.902	27.503	27.615	0.449	0.255	0.178	0.111		
4	P62-2	23	30.015	25.884	25.997	0.449	0.255	0.178	0.111	29.972	25.846	25.959	0.448	0.255	0.178	0.111		
5	P24-1	23	32.049	27.630	27.742	0.449	0.255	0.178	0.111	31.771	27.390	27.502	0.449	0.255	0.178	0.111		
6	P24-2	23	29.817	25.714	25.827	0.449	0.255	0.178	0.111	29.447	25.394	25.507	0.448	0.255	0.178	0.111		
7	Bus-440-SGM-985	23	29.796	25.696	25.808	0.448	0.255	0.178	0.111	29.764	25.668	25.781	0.448	0.255	0.178	0.111		
8	Bus-440-SGM-986	23	29.570	25.502	25.614	0.448	0.255	0.178	0.111	29.190	25.173	25.286	0.448	0.255	0.178	0.111		
9	Bus-440-MCM-1101 A	4.16	38.829	33.602	33.712	0.440	0.085	0.047	0.025	44.374	38.403	38.622	0.879	0.094	0.050	0.026		
10	Bus-440-MCM-1101 B	4.16	37.637	32.570	32.680	0.440	0.085	0.047	0.025	44.374	38.403	38.622	0.879	0.094	0.050	0.026		
11	Bus-440-PPV-1031A	4.16	7.898	6.839	6.903	0.388	0.083	0.047	0.025	8.000	6.927	7.031	0.689	0.092	0.049	0.025		
12	Bus-440-MCL-1101	0.48	6.510	5.638	6.535	6.554	0.012	0.006	0.003	6.526	5.652	6.549	6.565	0.012	0.006	0.003		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Resultados de cortocircuito para los casos 3 y 4

	Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)	CASO 03								CASO 04							
			MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO								MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO							
			3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)				3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)				0 Ohm	25 Ohm
						0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm				0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm		
1	ANT23C	23	33.000	28.445	28.558	0.449	0.256	0.179	0.111	33.232	28.645	28.758	0.449	0.256	0.179	0.111		
2	ANT23B	23	33.000	28.445	28.558	0.449	0.256	0.179	0.111	33.232	28.645	28.758	0.449	0.256	0.179	0.111		
3	P62-1	23	31.765	27.385	27.497	0.449	0.255	0.178	0.111	32.058	27.638	27.750	0.449	0.255	0.178	0.111		
4	P62-2	23	29.625	25.547	25.659	0.448	0.255	0.178	0.111	30.037	25.903	26.016	0.449	0.255	0.178	0.111		
5	P24-1	23	31.896	27.497	27.610	0.449	0.255	0.178	0.111	32.057	27.637	27.749	0.449	0.255	0.178	0.111		
6	P24-2	23	29.801	25.699	25.812	0.448	0.255	0.178	0.111	29.863	25.754	25.866	0.449	0.255	0.178	0.111		
7	Bus-440-SGM-985	23	29.395	25.349	25.462	0.448	0.255	0.178	0.111	29.821	25.718	25.830	0.448	0.255	0.178	0.111		
8	Bus-440-SGM-986	23	29.569	25.500	25.612	0.448	0.255	0.178	0.111	29.622	25.546	25.659	0.448	0.255	0.178	0.111		
9	Bus-440-MCM-1101 A	4.16	43.982	38.065	38.284	0.879	0.094	0.050	0.026	66.063	57.140	57.360	0.880	0.094	0.050	0.026		
10	Bus-440-MCM-1101 B	4.16	43.982	38.065	37.846	0.879	0.094	0.050	0.026	66.063	57.140	57.360	0.880	0.094	0.050	0.026		
11	Bus-440-PPV-1031A	4.16	7.992	6.920	7.024	0.689	0.092	0.049	0.025	8.277	7.167	7.265	0.689	0.092	0.049	0.025		
12	Bus-440-MCL-1101	0.48	6.525	5.651	6.548	6.564	0.012	0.006	0.003	6.565	5.685	6.580	6.591	0.012	0.006	0.003		

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso 04 en las barras de 4.16 kV “Bus-440MCM1101A y Bus-440MCM1101B” se alcanzará un valor máximo de 66.06 kA (falla trifásica), el cual supera la soportabilidad del interruptor (50 kA); por lo cual se plantearán algunas recomendaciones técnicas.

Cálculo de la corriente de cortocircuito - IEC 60909 (Caso 1)

Para el cálculo de corto circuito en una barra del sistema, se basó en las normas internacionales IEC 60909. El cual nos indica el modo de cálculo teniendo en cuenta los valores en las secuencias negativas, cero y positiva de cada elemento presente en el circuito de acuerdo a la figura 13, 14, 15 y 16 respectivamente.

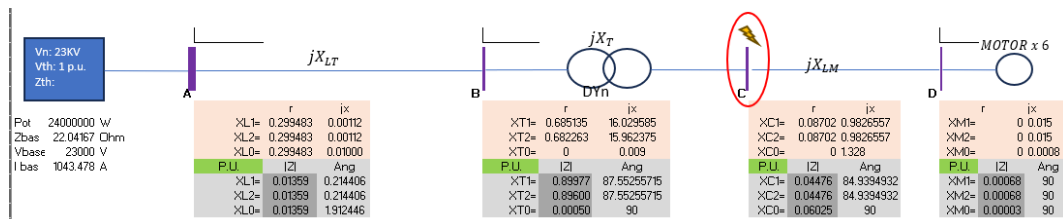


Figura 13. Circuito Eléctrico Simplificado – Corriente Cortocircuito

Fuente: Elaboración Propia

Secuencia Cero

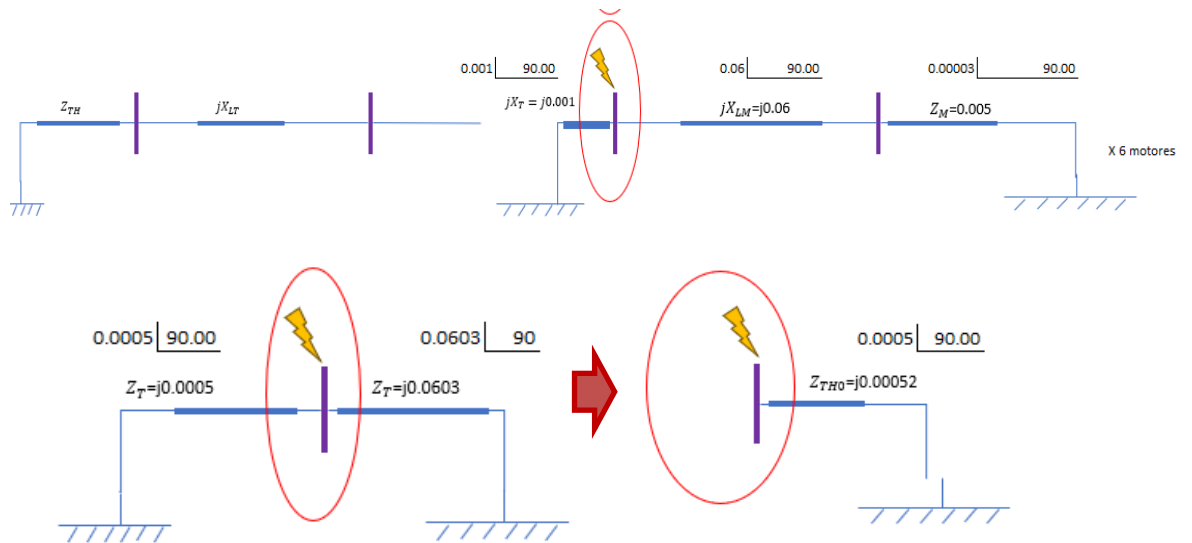


Figura 14. Circuito Eléctrico – Secuencia Cero

Fuente: Elaboración Propia

Secuencia Negativa

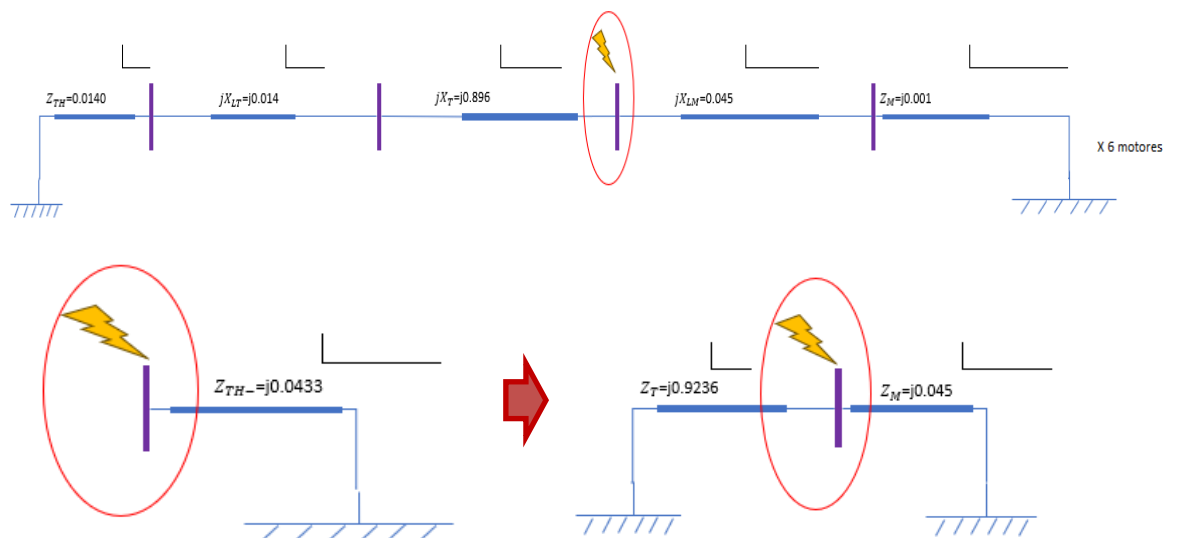


Figura 15. Circuito Eléctrico – Secuencia Negativa

Fuente: Elaboración Propia

Secuencia Positiva

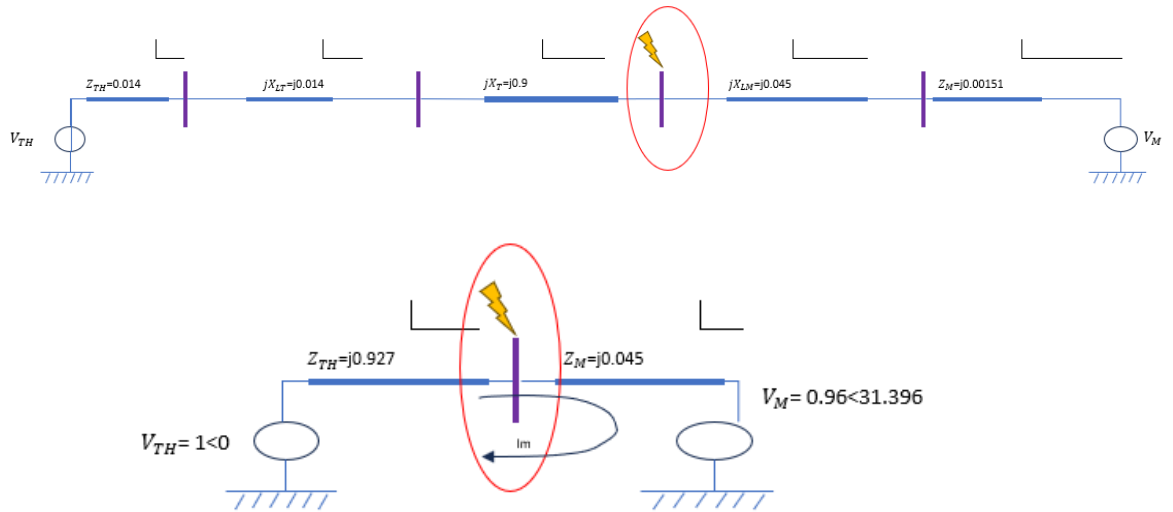


Figura 16. Circuito Eléctrico – Secuencia Positiva

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Constantes del circuito eléctrico

	R	Jx	MODULO	Ang
V1	1	0	1	0
V2	0.82	0.5006	0.9621	31.35
DELTA	0.18	-0.50	0.5314	-70.4
ZT	0	0.9728	0.9728	90
I	-0.5	-0.183	0.5462	-160
VZ(1)	-0.2	-0.477	0.5066	250.4
VTH	0.83	-0.477	0.9574	-29.9

Fuente: Elaboración Propia

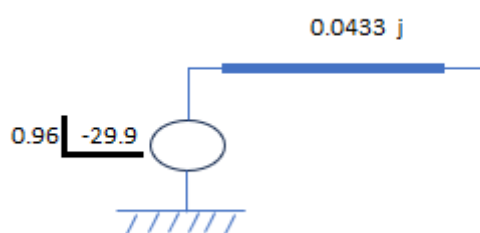


Figura 17. Circuito Eléctrico Thevenin

Fuente: Elaboración Propia

Circuito Equivalente para Falla Trifásica

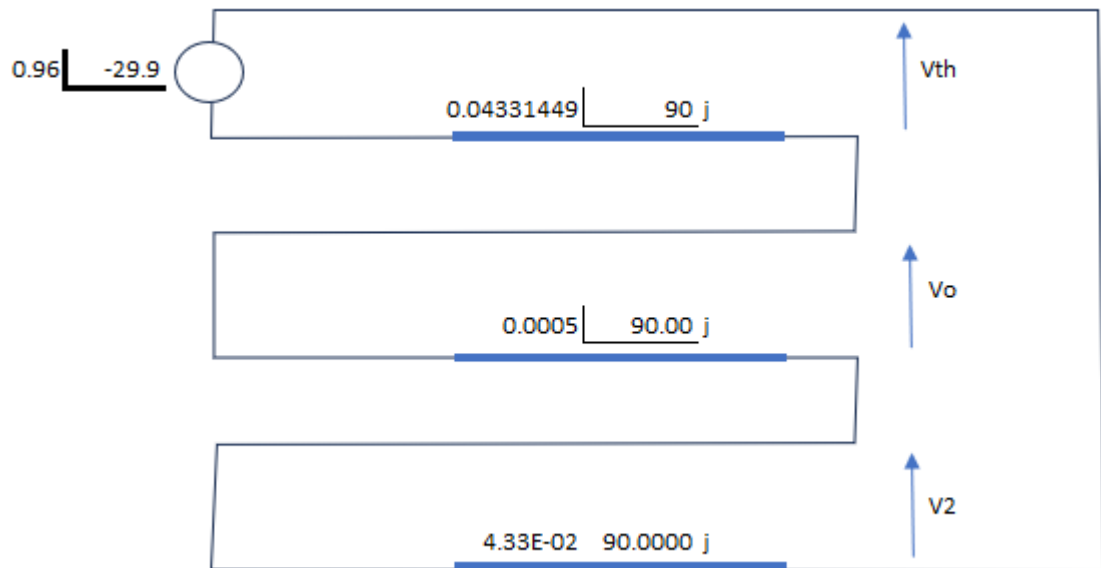


Figura 18. Circuito Equivalente Thevenin

Fuente: Elaboración Propia

Hallando la corriente de corto circuito y multiplicando por el valor base elegido.

Trifásica

I_{a1}	10.98910665	-119.8955731	p.u.
----------	-------------	----------------	------

Cambiando de base al lado de baja

Para los datos base en el lado de baja

Pot	14000000	W
Zbas	1.236114286	Ohm
Vbase	4160	V
I bas	3365.384615	A

Entonces:

I_a	36.982	KA
-------	--------	----

Tabla 19. Resultados Obtenidos comparados con tabla #15 Caso 1

Barra	Short Circuit 3ph (kA)	Software	
		Digsilent 3ph (kA)	Error
C	36.982	37.637 (Ítem 10)	1.74%

Fuente: Elaboración Propia

Debido a los resultados del caso 4, se realizaron las simulaciones de cortocircuito en las barras principales de 23 kV de acuerdo a las condiciones inicial del BD para su comparación con los resultados después de implementar los circuitos 24 y 62 del sistema de bombeo de agua recuperada, como se ilustra en la figura 19.



Figura 19. Falla trifásica en barra principal en 23 kV – BD sin modificar.

Fuente: Elaboración Propia

Del BD actualizado, considerando el aporte de los circuitos 62 y 24 futuro y conectando el circuito 24, se obtiene una corriente máxima de cortocircuito de 33.23 kA, como se muestra en la figura 20.



Figura 20. Falla trifásica en barra principal en 23 kV – BD actualizado.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar de la figura 17, las corrientes de cortocircuito en las barras principales de 23 kV ANT23B y ANT23C alcanzan un valor máximo de 33.23 kA (falla trifásica) el cual sobrepasa la soportabilidad de CBs que son de 31.5 kA. Los resultados generales del análisis de cortocircuito antes de implementar los circuitos 24 y 62, se pueden resumir en la figura 21 y describir con mayor detalle en la tabla 20.

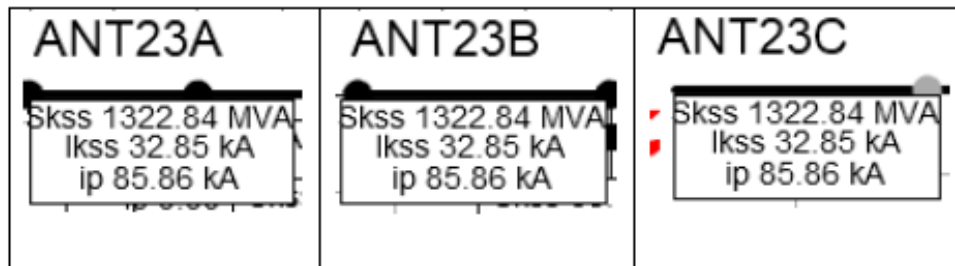


Figura 21. Resultados de falla trifásica en barras principales en 23 kV. (Antes)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Cortocircuito antes de implementar los circuitos 24 y 62

	Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)	CASO 01						
			MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO						
			3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)			
						0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm
1	ANT23A	23	32.85	28.314	28.426	0.449	0.255	0.178	0.111
2	ANT23B	23	32.85	28.314	28.426	0.449	0.255	0.178	0.111
3	ANT23C	23	32.85	28.314	28.4.26	0.449	0.255	0.178	0.111

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 18 y la tabla 19, se muestra el resultado de una falla trifásica en el BD inicial administrada por la compañía minera, teniendo 32.85 kA, lo cual indica que también sobrepasa la soportabilidad de CBs de 31.5 kA en las barras principales de 23 kV.

Para comparación de resultados se procedió a realizar el cálculo de corrientes de cortocircuito en otras salas eléctricas que presenten similitud al caso 04 que indica que la corriente de cortocircuito sobrepase la soportabilidad de los CBs cuando dos transformadores están en paralelo.

De esta manera, se realizó el cálculo en las barras de 4.16 kV de la SE 04 que se alimentan del circuito 6 de la barra ANT23A y el circuito 23 de la barra ANT23B, mediante dos transformadores de 15 MVA, obteniéndose los resultados de la tabla 20 y la falla trifásica en la figura 21.

Tabla 21. Cortocircuito en barras 4.16 kV de SE 04

	Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)	TIE CERRADO, TRANSFORMADOR EN PARALELO						
			MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO						
			3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)			
						0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm
1	320-MCM-202	4.16	58.72	50.79	55.03	47.88	0.106	0.053	0.111
2	310-MCM-203	4.16	58.72	50.79	55.03	47.88	0.106	0.053	0.111

Fuente: Elaboración Propia

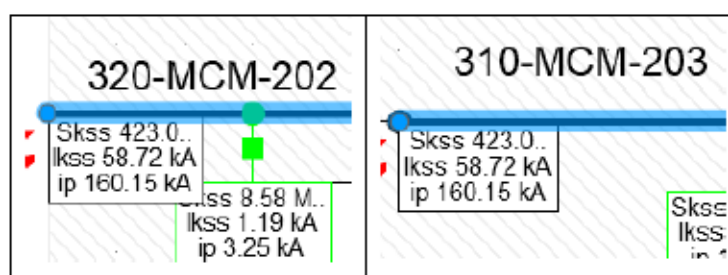


Figura 22. Resultados falla trifásica en barras principales en 4.16 kV de SE 04

Fuente: Elaboración Propia

También se realizó el cálculo en las barras de 4.16 kV que se alimentan del circuito 7 de la barra ANT23A y el circuito 34 de la barra ANT23B, mediante dos transformadores de 20 MVA, mostrándose los resultados en la tabla 22 y figura 23.

Tabla 22. Cortocircuito en barras 4.16 kV alimentados del circuito 7 y 34

	Location (Terminal)	Rated Voltage (kV)	TIE CERRADO, TRANSFORMADOR EN PARALELO						
			MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO						
			3Ph (kA)	2Ph (kA)	2Ph-G (kA)	1Ph-G (kA)			
						0 Ohm	25 Ohm	50 Ohm	100 Ohm
1	320-MCM-251	4.16	66.71	57.69	57.91	0.880	0.094	0.050	0.026
2	310-MCM-252	4.16	66.71	57.69	57.91	0.880	0.094	0.050	0.026

Fuente: Elaboración Propia

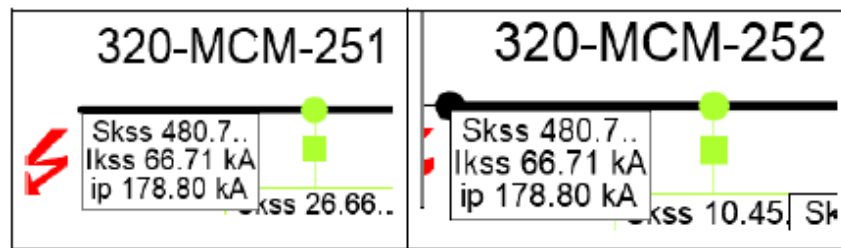


Figura 23. Falla trifásica en barras principales en 4.16 kV circuito 7 y 34.

Fuente: Elaboración Propia

De la figura 19 y 20, se puede observar que, las fallas obtenidas de 58.72 kA y 66.71 kA sobrepasan el valor de soportabilidad de los CBs que son de 50 kA.

4.1.2. Evaluación del desempeño de las protecciones en función de la rapidez, selectividad y confiabilidad en el nuevo sistema de bombeo

Durante el período de arranque de un motor se alcanza generalmente seis veces su corriente nominal (I_{nom}), que implica en caídas de tensión en el sistema e impone perturbaciones para el normal funcionamiento de otras cargas del sistema. Dado que el par de aceleración del motor depende de la tensión terminal del motor, en algunos casos, el arranque del motor no se puede alcanzar debido a que la tensión en los bornes es extremadamente baja con respecto a su nominal.

Esto hace que sea necesario realizar un análisis de arranque de motores. Por ello, se comprobó la caída de tensión en las barras proyectadas 4.16 kV y 23 kV durante el arranque y se simuló la aceleración del torque de los motores proyectados 440-PPV-1031A @ 440-PPV-1046A. Para ello se consideraron los siguientes casos de estudios:

- Caso 1 (condiciones normales). Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-62, suministro de energía al 50% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-985. Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-24, suministro de energía al 50% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-986, ambos TIE abierto.

- Caso 2 (condición de contingencia). Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-62, suministro de energía al 100% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-985. TIE cerrado.
- Caso 3 (condición de contingencia). Línea aérea trifásica de 23 kV Troncal C-24, suministro de energía al 100% de la máxima demanda del transformador 440-XFP-986. TIE cerrado.

Se consideraron los niveles de tensión 4.16 kV (trifásico con resistencia puesta a tierra), 23 kV (trifásico) y 480 V (trifásico, con neutro sólidamente aterrado). La alimentación de los motores en media tensión con 4000 V, 3F y 60 Hz. Los criterios y consideraciones utilizados para la simulación, se resumen en la tabla 23 y los datos de los motores se extrajeron de la ficha de recolección (anexo 5).

Tabla 23. Criterios y consideraciones para la simulación de motores

	Tolerancia de ΔV en barras de tensión	Operación normal	$\pm 5\%$ tensión nominal
		Operación contingencia	-5% a 10% tensión nominal (3 a 60 s)
Criterios	Caída de tensión	Barras de tableros de distribución cuando arranca un motor	10%
		Barras de tableros de distribución cuando arrancan motores en grupo o grandes	10%
		En borneras de motores que arrancan en grupo	20%
		En borneras de motores que arrancan	15%
		Acometidas desde la red de suministro exterior	5.00%
Consideraciones	Carga límite en líneas y transformadores	Operación normal	Hasta 100% de su potencia nominal
		Operación contingencia	Hasta 120% de su potencia nominal
	Factor de servicio	Para todas las cargas	1.15

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 24, se muestran los resultados de los tiempos mínimos de la secuencia de arranque de los motores implementados en la simulación. En las figuras 24, 25 y 26, también se puede observar que el tiempo de arranque individual de los motores de media tensión dura aproximadamente 8.3 segundos, mediante la curva de torque eléctrico y mecánico de cada motor.

Tabla 24. Secuencia de arranque de motores

Ítem	Tag del equipo	Inicio de arranque
1	440-PPV1031A	0 s
2	440-PPV1032A	10 s
3	440-PPV1033A	20 s
4	440-PPV1034A	30 s
5	440-PPV1035A	40 s
6	440-PPV1036A	50 s
7	440-PPV1037A	60 s
8	440-PPV1038A	70 s
9	440-PPV1039A	80 s
10	440-PPV1040A	90 s
11	440-PPV1041A	100 s
12	440-PPV1042A	110 s
13	440-PPV1043A	120 s
14	440-PPV1044A	130 s
15	440-PPV1045A	140 s
16	440-PPV1046A	(*)

Fuente: Elaboración Propia

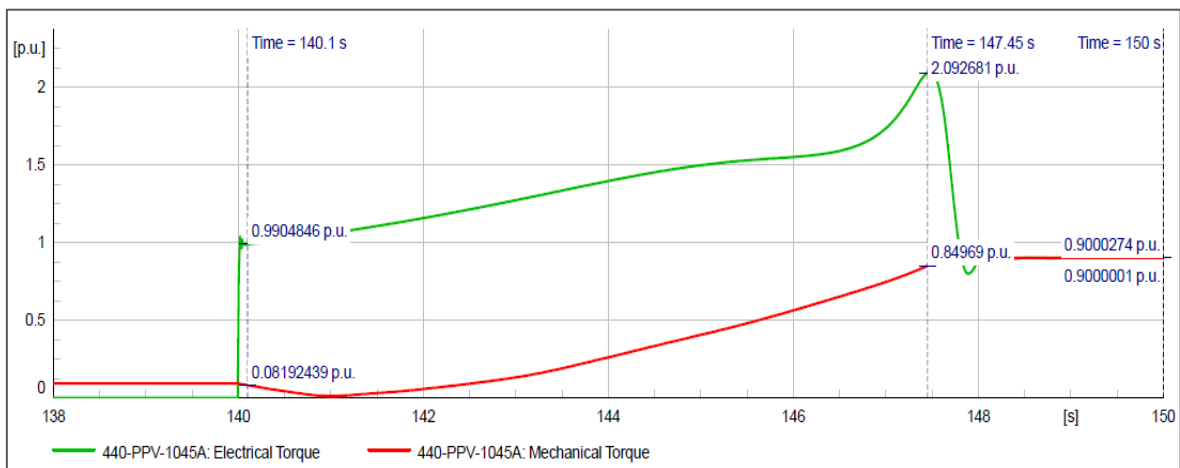


Figura 24. Curva de torque eléctrico y mecánico de motor caso 01.

Fuente: Elaboración Propia

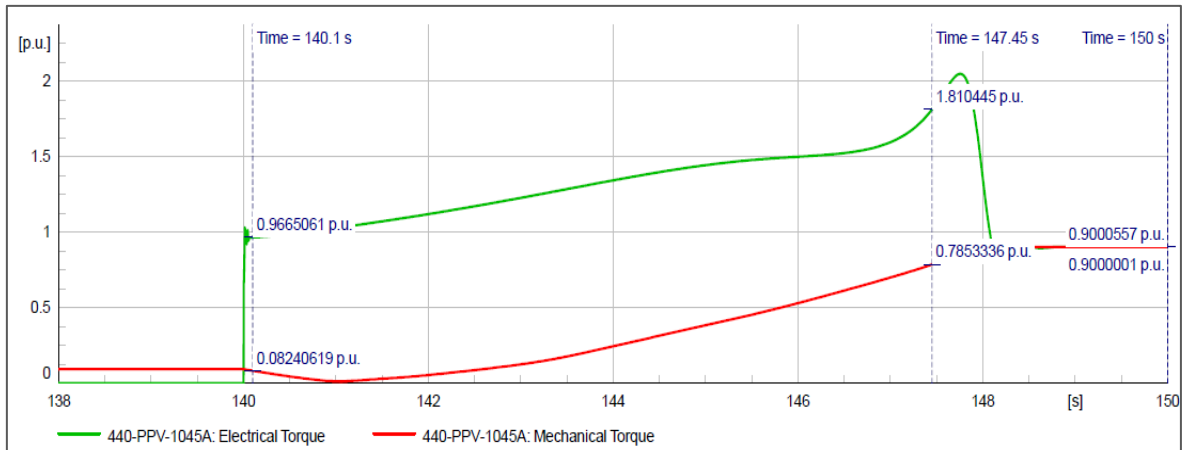


Figura 25. Curva de torque eléctrico y mecánica de motor caso 02.

Fuente: Elaboración Propia

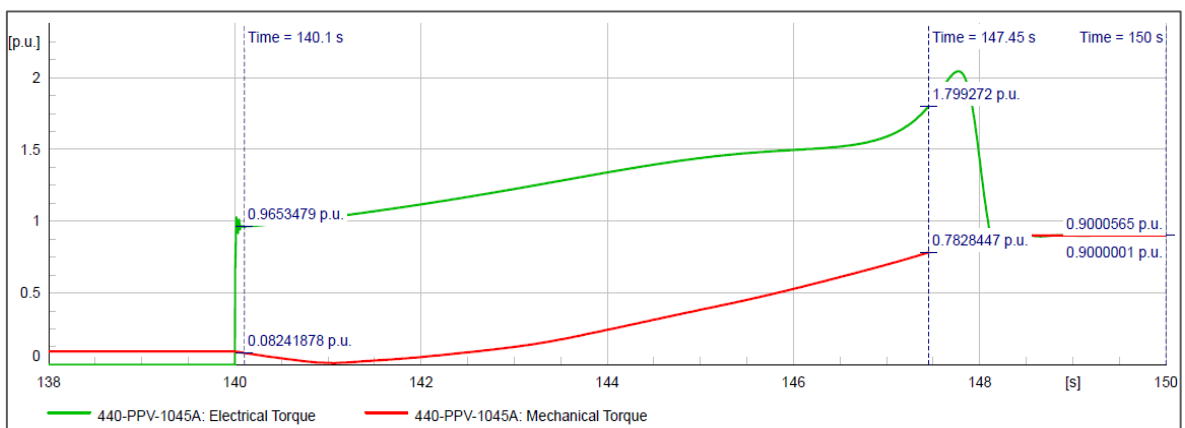


Figura 26. Curva de torque eléctrico y mecánica de motor caso 03.

Fuente: Elaboración Propia

En las tablas 25 y 26, se resumen los resultados de flujo de potencia, caída de tensión para los 3 casos de estudios.

Tabla 25. Flujo de potencia en barras de 4.16 kV

Barra	Kv	Caso 01			Caso 02			Caso 03		
		MW	MVAr	A	MW	MVAr	A	MW	MVAr	A
Bus-440-MCM-1101A	4.16	5.183	3.173	851.41	9.736	5.884	1614.12	5.184	3.131	859.68
Bus-440-MCM-1101B	4.16	4.551	2.791	746.76	4.552	2.749	754.46	9.736	5.883	1614.71
Bus-440-PPV-1031A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1032A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1033A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1034A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1035A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1036A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1037A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1038A	4.16	0.623	0.382	103.89	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1039A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1040A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1041A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1042A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1043A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1044A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1045A	4.16	0.623	0.383	103.77	0.624	0.377	104.95	0.624	0.377	104.99
Bus-440-PPV-1046A	4.16	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
Bus-440-MCL-1101A	0.48	0.125	0.077	181.42	0.122	0.076	179.24	0.122	0.076	179.18
Bus-440-MCL-1102A	0.48	0.125	0.078	181.70	0.122	0.076	179.24	0.122	0.076	179.18

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Flujo de potencia en barras de 23 kV

Barra	KV	Caso 01			Caso 02			Caso 03		
		Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF	Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF	Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF
Barra A	23	100.4	- 72.127	100	100.4	- 72.127	99.64	100.4	- 72.127	99.64
Barra B	23	100.4	- 72.127	100	100.4	- 72.127	99.64	100.4	- 72.127	99.64
Barra C	23	100.4	- 72.127	100	100.4	- 72.127	99.64	100.4	- 72.127	99.64
P24-1	23	100.4	- 72.132	84.43	100.4	- 72.127	-	100.4	- 72.138	83.66
P24-2	23	100.4	- 72.147	84.44	100.4	- 72.127	-	100.3	- 72.171	83.69
P62-1	23	100.4	- 72.133	84.34	100.4	- 72.138	83.68	100.4	- 72.127	-
P62-2	23	100.4	- 72.149	84.35	100.3	- 72.168	83.71	100.4	- 72.127	-
Bus-440- SGM-985	23	100.4	- 72.150	84.31	100.4	- 72.170	83.69	100.4	- 72.127	-
Bus-440- SGM-986	23	100.4	- 72.149	84.40	100.4	- 72.127	-	100.4	- 72.174	83.67
Bus-440- MCM-1101A	4.16	99.1	- 43.228	85.28	97.8	- 44.223	85.58	97.8	- 44.253	85.60
Bus-440- MCM-1101B	4.16	99.2	- 43.105	85.24	97.8	- 44.223	85.6	97.8	- 44.253	85.59
Bus-440- PPV-1031A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1032A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1033A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1034A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1035A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1036A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1037A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1038A	4.16	97.7	- 43.226	85.26	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1039A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1040A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1041A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440- PPV-1042A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56

Barra	KV	Caso 01			Caso 02			Caso 03		
		Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF	Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF	Mag. (%)	$\phi(^{\circ})$	%PF
Bus-440-PPV-1043A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440-PPV-1044A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440-PPV-1045A	4.16	97.7	- 43.226	85.22	96.4	- 44.226	85.55	96.4	- 44.256	85.56
Bus-440-PPV-1046A	4.16	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
Bus-440-MCL-1101A	0.48	97.5	- 14.691	84.99	96.2	- 15.687	84.99	96.2	- 15.717	84.99
Bus-440-PPV-1102B	0.48	97.6	- 14.568	84.99	96.2	- 15.687	84.99	96.2	- 15.717	84.99

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados, se determinó que para los 03 casos de estudio, la caída de tensión está dentro de los límites permitidos. En las figuras 27, 28 y 29, se pueden observar las curvas de voltaje de bornes de motores 440-PPV-1031A @ 440-PPV-1045A.

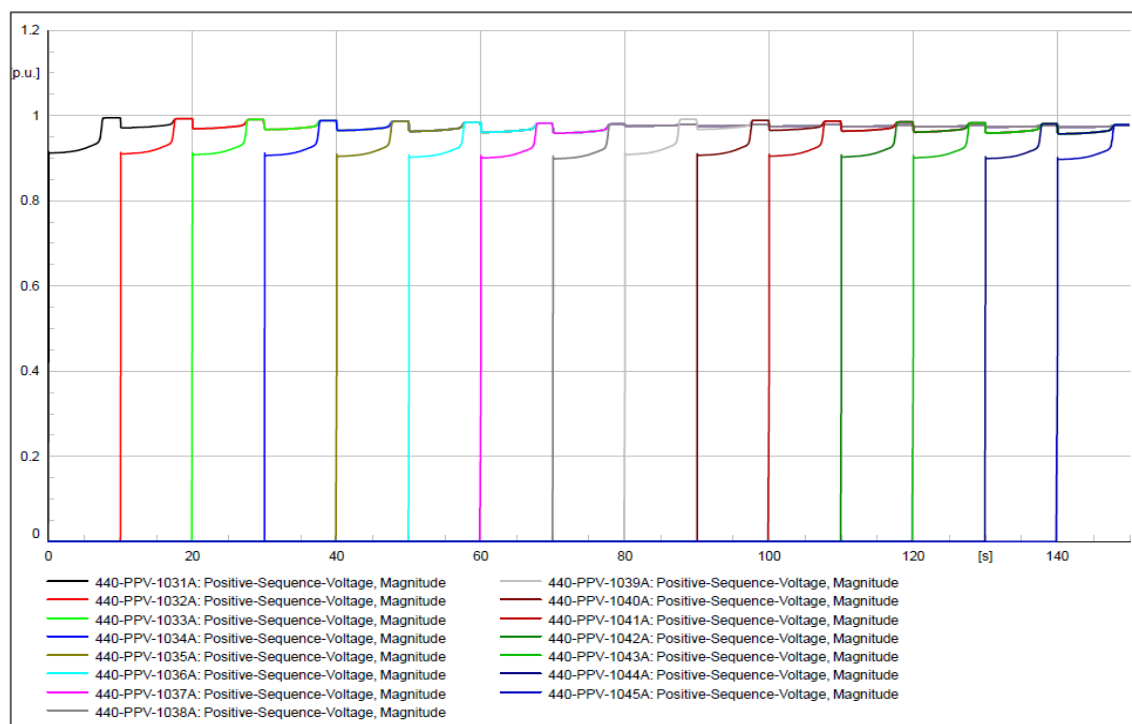


Figura 27. Curva de voltajes de motores para el caso 01.

Fuente: Elaboración Propia

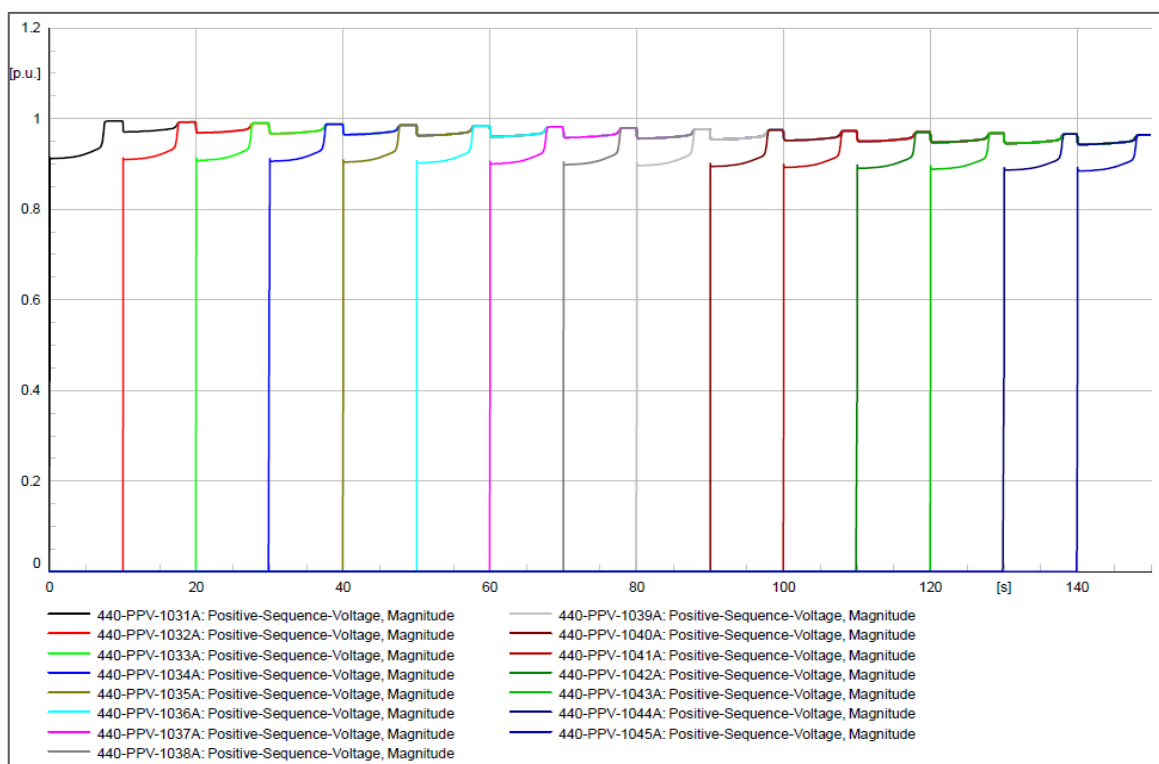


Figura 28. Curva de voltajes de motores para el caso 02

Fuente: Elaboración Propia

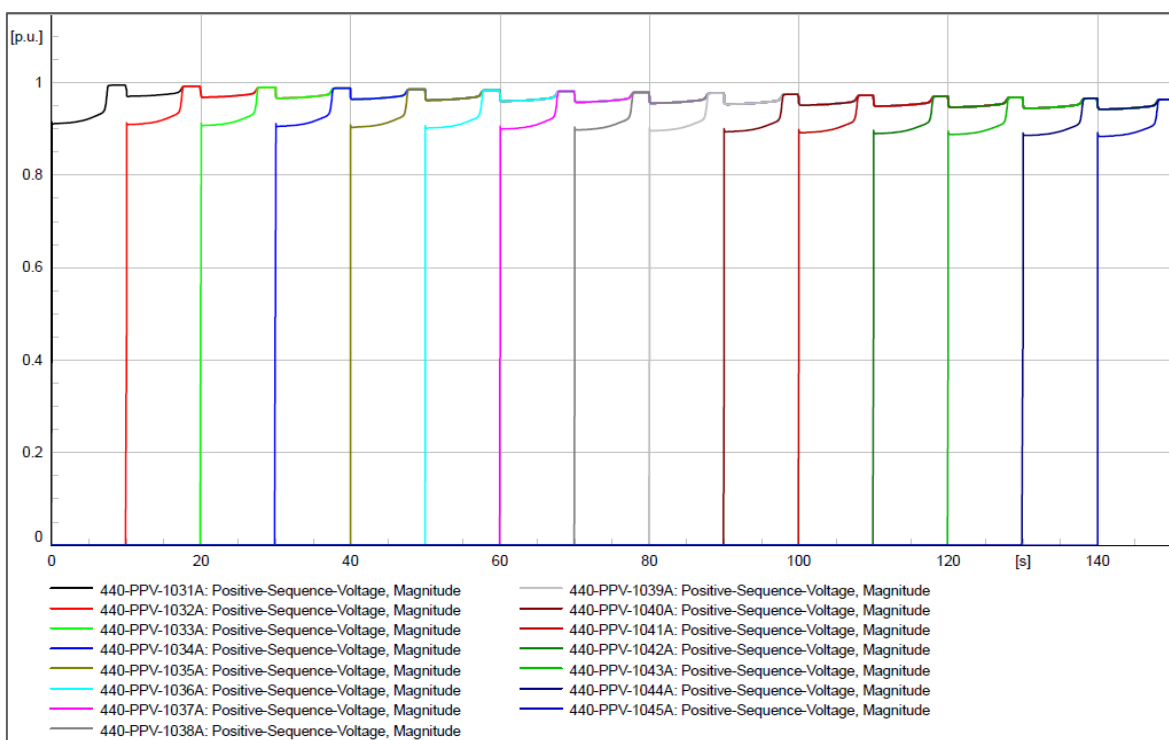


Figura 29. Curva de voltajes de motores para el caso 03.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Ajustes de protección de los relés asociados al nuevo sistema de bombeo

A continuación, se muestran los ajustes de protección que se implementaron en el nuevo sistema de bombeo de agua recuperada, los cuales se realizaron para los siguientes componentes:

- Relés de Fase y Tierra.
- Relés de protección de motores.
- Diferencial transformador (87T) – Relé GE 845.
- Subtensión de Relés (27).
- Sobretensión de Relés (59).
- Protecciones en baja tensión.
- Ajustes de sensores de temperatura resistivos (RTDs).

Se determinaron los ajustes de sobre corriente para los circuitos 24 y 62, así como los de relés de protecciones de motores, como se resumen en las tablas 27 y 28. Así mismo, las gráficas de coordinación de los relés de sobrecorriente, muestran la curva de capacidad térmica de los transformadores, de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C 57,91-1981.

Tabla 27. Ajustes de sobre corriente en los circuitos 24 y 62

SUBESTACIÓN	Relé ID	Marca	Modelo	Nivel de Tensión	TC	Función	Trip Elemento	Curva	Pickup I>			Instantáneo I>>		
									Ajuste Pickup	Primario (A)	Dial TMS	Ajuste Pickup	Primario (A)	Tiempo Ints.
Subestacion principal	Relay Model 740-XFR-003_LV	GE Multilin	F60	23	4000:5	Overcurrent	Phase	IAC Very Inverse	4.65	3720	0.9	-	-	-
					200:5	Overcurrent	Ground	Definite Time	1.25	50	1.5	-	-	-
Sec 24	Relay Model_SECC24	GE Multilin	F60	23	800:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	3.3	528	0.7	40.63	6500.80029	0.30 s
					50:5	Overcurrent	Ground	Definite Time	3	30	0.4	-	-	-
Sec 24	Relay Model_440-XFP-986_HV	GE Multilin	850	23	600:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	4.39	526.799988	0.35	50	6000	0.10 s
					50:5	Overcurrent	Ground	Definite Time	3	30	0.2	-	-	-
Sec 24	Relay Model_440-XFP-986_LV	GE Multilin	850	4.16	3000:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	4.85	2910	0.2	25	15000	0.03 s
					50:5	Overcurrent	Neutral	Definite Time	2	20	0.4	-	-	-
Sec 62	Relay Model_SECC62	GE Multilin	F60	23	800:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	3.3	528	0.7	40.63	6500.80029	0.30 s
					50:5	Overcurrent	Ground	Definite Time	3	30	0.4	-	-	-
Sec 62	Relay Model_440-XFP-985_HV	GE Multilin	850	23	600:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	4.39	526.799988	0.35	50	6000	0.10 s
					50:5	Overcurrent	Ground	Definite Time	3	30	0.2	-	-	-
Sec 62	Relay Model_440-XFP-985_LV	GE Multilin	850	4.16	3000:5	Overcurrent	Phase	IEEE Very inverse	4.85	2910	0.2	25	15000	0.03 s
					50:5	Overcurrent	Neutral	Definite Time	2	20	0.4	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Ajustes de relés de los motores – Sección 24 y 62

SUBESTACIÓN	Relé ID	Marca	Modelo	Nivel de Tensión	TC	Función	Trip Elemento	Curva	Pickup I>			Instantáneo I>>		
									Ajuste Pickup	Primario (A)	Dial TMS	Ajuste Pickup	Primario (A)	Tiempo Ints.
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1031A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1032A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1033A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1034A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1035A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1036A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1037A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 A	Relay Mode_440-PPV-1038A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-	Relay Mode_440-	GE	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s

SUBESTACIÓN	Relé ID	Marca	Modelo	Nivel de Tensión	TC	Función	Trip Elemento	Curva	Pickup I>			Instantáneo I>>		
									Ajuste Pickup	Primario (A)	Dial TMS	Ajuste Pickup	Primario (A)	Tiempo o Ints.
1101 A	PPV-1039A	Multilin			150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1040A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
					150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1041A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1042A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
					150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1043A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1044A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
					150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1045A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s
440-MCM-1101 B	Relay Mode_440-PPV-1046A	GE Multilin	869	4.16	150:5	Overload	Phase	Standard Overload Curve	3.5	105	10	30	900	0.08 s
					150:5	Overload	Jam					5	150	1 s
					50:5	Overload	Ground/Neutral					2	20	0.2 s

Fuente: Elaboración Propia

Para la protección de los motores de media tensión; los ajustes propuestos generan la fusión del fusible antes de la actuación del contactor durante la ocurrencia de una falla.

Para obtener los ajustes del relé diferencial, se realizaron los siguientes cálculos y configuraciones:

A. Datos del transformador de potencia

- Máxima potencia del transformador ONAN/ONAF (kVA)=24000
- Tensión nominal del transformador devanado HV (kV)= 23
- Tensión nominal del transformador devanado LV (kV)=4.16
- Grupo de conexión= -11

B. Configuración del relé principal

- Corriente primaria del transformador de corriente devanado HV (A)= 600
- Corriente secundaria del transformador de corriente devanado HV (A)= 5
- Polaridad del transformador de corriente devanado HV= hacia equipo de protección, punto estrella a tierra.
- Corriente Primaria del Transformador de Corriente devanado LV (A)= 3000
- Corriente secundaria del transformador de corriente devanado LV (A)= 5
- Polaridad del Transformador de Corriente Devanado LV= hacia equipo de protección, punto estrella a tierra.

C. Configuración de la función diferencial (87T)

Se resume en las figuras 30 y 31, se puede observar los parámetros de la función diferencial del relé, así como la distribución de corrientes sin compensar y compensadas.

$I_{87min} := 0.2$	IdMin (p.u.)
$I_{87max} := 7$	IdUnre (p.u.)
Slope1 := 20	Slope 1 (%)
Slope2 := 80	Slope 2 (%)
Break1 := 1.0	SlopeSection1 (p.u.)
Break2 := 4.0	SlopeSection2 (p.u.)
Ingrese valores de corriente secundarios del lado BOBINADO PRIMARIO y BOBINADO SECUNDARIO - Sin Compensar:	
Valores de Voltaje de Fase	Valores de Corriente
$I_{opA} := 5.02 \angle 0$	$I_{opA} := 5.551 \angle (0 + grupo + ang)$
$I_{opB} := 5.02 \angle -120$	$I_{opB} := 5.551 \angle (-120 + grupo + ang)$
$I_{opC} := 5.02 \angle 120$	$I_{opC} := 5.551 \angle (120 + grupo + ang)$

Figura 30. Parámetros de la función deferencial del relé 87T.

Fuente: Elaboración Propia

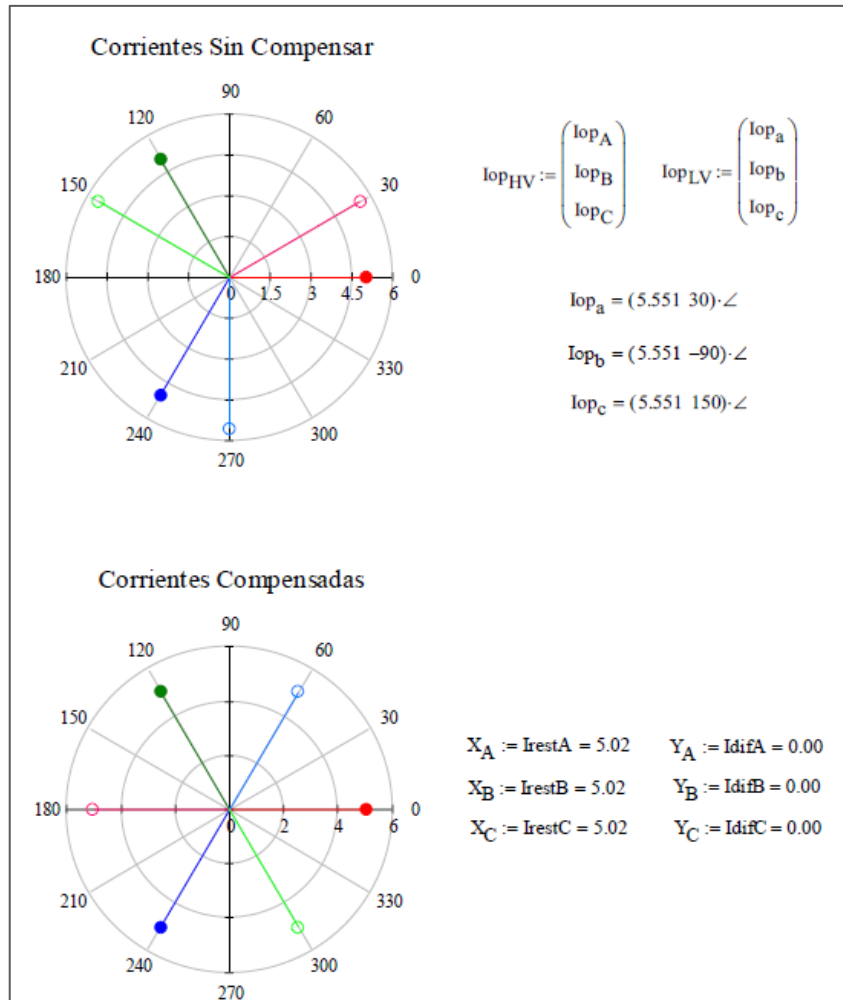


Figura 31. Corrientes primarias y secundarias sin compensar y compensadas.

Fuente: Elaboración Propia

Para el ajuste de la función 27, se estableció en $V < 80\%$ y $t = 2$ segundos.

Los ajustes de los relés de sobretensión de la función 59, se estableció en $V > 120\%$ y $t = 2$ segundos.

Los ajustes de protecciones en baja tensión se aplicaron a los interruptores SACE Emax2, como se muestra en la tabla 29 y cuya fase se ilustra en la figura 32.

Tabla 29. Ajustes en baja tensión

Protection Device	Model	In	L			S			I		G
			Character istic	Current Setting	Time Dial	Charact eristic	Current Setting	Time Dial	Charact eristic	Current Setting	Current Setting
IP-Main1-LV	SACE Emax2	800 A	L-Curve	0.5 p.u.	12	S.I2t	0.6 p.u.	0.3	I	OFF.	OFF
IP-Main2-LV	SACE Emax2	800 A	L-Curve	0.5 p.u.	12	S.I2t	0.6 p.u.	0.3	I	OFF.	OFF
IP-TIE-LV	SACE Emax2	800 A	L-Curve	0.5 p.u.	3	S.I2t	OFF	OFF	I	2 p.u.	OFF

Fuente: Elaboración Propia

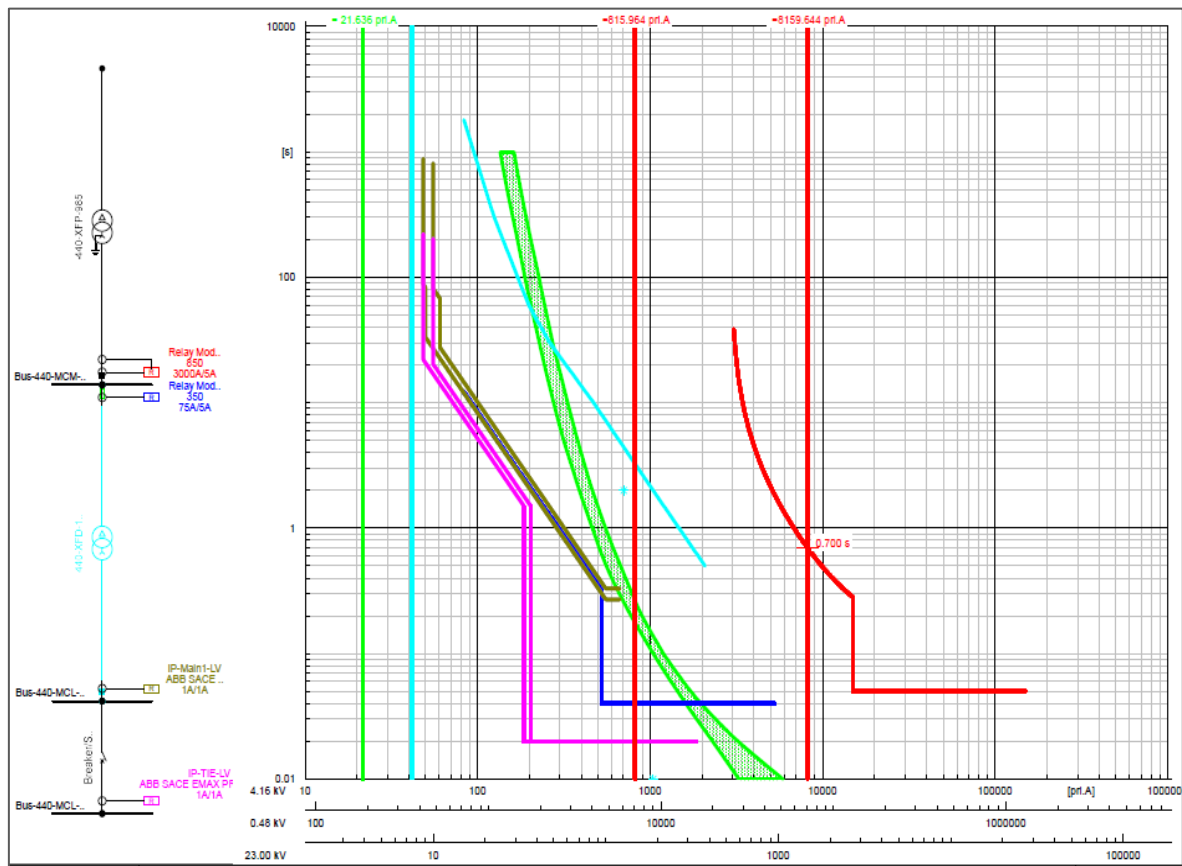


Figura 32. Curvas de protección en baja tensión (0.48 kV) Fases.

Fuente: Elaboración Propia

Para el ajuste de los RTD en los bobinados, se aplicó el método de resistencia, como se observa en la figura 30.



All for dreams

Report Of Complete Initial Test

Induction Motor (Single Speed)

Purchaser TECNIFLOW SAC

Serial No. A11 7725022-0001 R 0001

TR # 18783-CIT, WITNESSED

Purchaser's Order No. TF7019000194

NMC Order No. 20191210-SO-1

Date Of Test 12/12/2019

Nameplate Rating

HP	900	Phase	3	Volts	4160
SYN. Speed RPM	1800	Cycles	60	Amperes Full-Load	112.0
Full-Load Speed-RPM	1790	Type	JVCE4	Frame Number	5812VP

Temperature Rise

Conditions Of Test				Rise °C		Heat Run
Hours Run	Line Volts	Line Amperes	Cooling Air °C	Frame By (T° Couple)	Winding By RES	@HP
6.5	4210	126	22.4	27.9	92	1036

Figura 33. *Temperatura por método de la resistencia.*

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que las pruebas lo hicieron a un factor de servicio de 1.15, se realiza el cálculo de la temperatura para su valor nominal, como se muestra en la figura 31.

$$\begin{aligned}
 I_{nom} \cdot SF &= 128.953 \text{ A} & I_{test} &:= 126 \text{ A} & \frac{I_{test}}{I_{nom} \cdot SF} &= 97.71\% \\
 \frac{4210 \text{ V}}{4160 \text{ V}} &= 101.2\% \\
 Temp_{amb} &:= 22.4^{\circ}\text{C} \\
 Temp_{rise} &:= 92.0 \cdot \Delta^{\circ}\text{C} \\
 TotalTemp_{rise} &:= Temp_{amb} + Temp_{rise} = 114.4^{\circ}\text{C} \\
 TempRise_{rated} &:= 0^{\circ}\text{C} + Temp_{rise} \cdot \left(\frac{I_{nom}}{I_{test}} \right)^2 = 72.9^{\circ}\text{C} & \text{Es la Temp. Rise a Pot. Nominal @ a Nivel del Mar}
 \end{aligned}$$

Figura 34. Cálculo de la temperatura a valor nominal.

Fuente: Elaboración Propia

Se requiere llevar el valor al nivel de altitud donde se llevará a cabo la operación, por lo cual se realizan los siguientes ajustes mostrados en la figura 32.

$$\begin{aligned}
 \text{Altitude} &= 14000.0 \cdot \text{ft} \\
 \text{TempAmbMax}_{\text{Antamina}} &:= 25.0 \cdot \Delta^{\circ}\text{C} \\
 \text{TempRiseAtSeaLevel} &:= 72.9 \cdot \Delta^{\circ}\text{C} \\
 \text{TempRiseAtAltitude} &:= 0^{\circ}\text{C} + \frac{\text{TempRiseAtSeaLevel}}{\left(1 - \frac{\text{Altitude} - 3300\text{ft}}{33000\text{ft}}\right)} = 107.9 \cdot \Delta^{\circ}\text{C} \\
 \text{TempTotal}_{\text{rated}} &:= \text{TempRiseAtAltitude} + \text{TempAmbMax}_{\text{Antamina}} = 132.9 \cdot \Delta^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Figura 35. Cálculo de la temperatura nominal a 4260 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia

En función de los resultados obtenidos de temperatura, es decir, 132.9°C, se puede comprar por clases para tener un valor de vida útil de los dispositivos, como se puede inferir de la figura 36; donde, por ejemplo, si el bobinado del motor trabaja a un total de temperatura de 135 °C, ese motor este sujeto a un tiempo límite de vida útil que en este caso sería aproximadamente 80000 horas el cual equivale a 10 años. Si esa temperatura aumenta en 10°C su vida útil se recorta a la mitad.

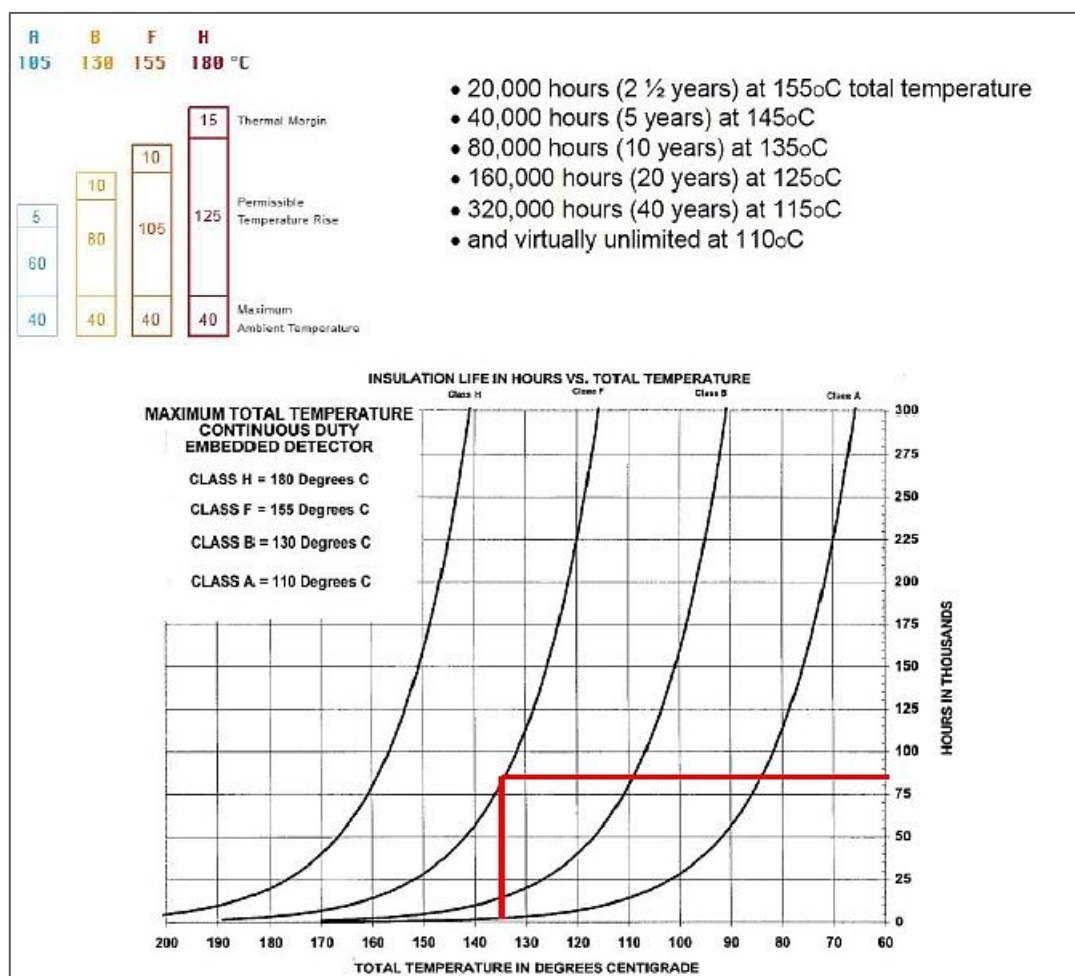


Figura 36. Niveles de temperatura por clase.

Fuente: Elaboración Propia

De los cálculos realizados anteriormente, se obtiene los ajustes para los RTDs de los bobinados del motor y, para los rodamientos, los ajustes se toman de las hojas de datos proporcionados por el fabricante (anexo 5), reportándose los resultados en la [tabla 30](#).

Tabla 30. Ajustes de los RTDs

Ajuste RTDs	Alarma (°C)	Trip (°C)
1. Temperatura de rodamientos	120	130
2. Temperatura de bobinado	130	135

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Discusión de Resultados

En la presente investigación se realizaron análisis de flujo de potencia, de cortocircuito y arranque de motores para determinar los ajustes requeridos por los relés del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada y así garantizar su protección ante eventos de fallas. Es así que se simularon escenarios en condiciones de operación normal y en condiciones de contingencia. En este sentido, presenta semejanzas con los trabajos realizados por (8) (7) (6), en los cuales se desarrollaron análisis de los sistemas eléctricos en diferentes condiciones de operación, para luego establecer las coordinaciones de protecciones que más se ajustaran al su sistema.

En cuanto al análisis de flujo de potencia y de cortocircuito, se obtuvo que para el caso más crítico (02), las barras en 23 kV y 4.16 kV alcanzan valores máximos de falla trifásica dentro de lo establecido por el proyecto (31.5 kA y 50 kA), a decir 29.76 kA y 44,37 kA respectivamente. Sin embargo, para el caso 04, las barras de 4.16 V “Bus-440MCM1101A y Bus440MCM1101B” alcanzan un valor máximo de 66.06 kA (falla trifásica), el cual supera la soportabilidad del interruptor. Respecto a las corrientes de cortocircuito en las barras principales de 23 kV ANT23B y ANT23C, se alcanzan un valor máximo de 33.23 kA (falla trifásica), que también supera la soportabilidad de CBs que son de 31.5 kA. Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos por (11) quien obtuvo que el máximo valor de corriente de falla en la barra de 23 kV del nuevo sistema de bombeo fue 5.7 kA; en tanto que los fusibles 150E considerados en 23 kV, presentaron una soportabilidad de 12.5 kA. En cuanto al máximo valor de corriente de falla en la barra de 4.16 kV, fue de 11.6 kA mientras que los fusibles considerados para los motores en 4.16 kV, mostraron una capacidad de ruptura de 60 kA, por lo cual se dedujo que los componentes evaluados, estaban correctamente seleccionados.

En cuanto a los resultados del caso 04 del presente estudio, puede ser comparado con los obtenidos por (10) quien concluye que, al obtener las corrientes de cortocircuito muy bajas se toma como referencia la NTP que está basada en la Norma IEC 60898, donde se prevé un poder de corte de 10 kA para interruptores de sistemas industriales similares; por otro lado, se logró la selectividad total y parcial en todo el sistema eléctrico de protección de la estación remota reductora de presión reduciendo al mínimo las paralizaciones producto de la falla de la instalación, es decir, al no obtener resultados óptimos que cumplan con lo establecido, es posible recurrir a los métodos de la norma IEC 60898, tal como se recomienda en la presente investigación.

En relación al desempeño, este se basó principalmente, en el estudio de arranque de motores en media tensión, puesto que, durante el período de arranque de un motor se

alcanza generalmente seis veces su corriente nominal (I_{nom}), que implica en caídas de tensión en el sistema e impone perturbaciones para el normal funcionamiento de otras cargas del sistema. Dado que el par de aceleración del motor depende de la tensión terminal del motor, en algunos casos, el arranque del motor no se puede alcanzar debido a que la tensión en los bornes es extremadamente baja con respecto a su nominal. Esto hace que sea necesario realizar un análisis de arranque de motores. Con base en ello, se pudo determinar la secuencia en la que esos deben arrancar, hallándose un tiempo promedio individual de 8.3 segundos. Al igual que en este estudio, las investigaciones de (8) (12) llevaron cabo coordinación de protecciones eléctricas en media tensión, donde realizaron análisis de parámetros y cortocircuito empleando software donde contemplaron la secuencia de operación y la coordinación de las protecciones ante fallas trifásicas, a partir de lo cual lograron establecer los ajustes de los dispositivos de protección.

Similar a lo realizado en el presente estudio, (11) contempló evaluaciones de las condiciones de operación de los dispositivos de protección en las salas eléctricas 460-ER-051, a fin de disponer de un sistema de protecciones que funcione bajo los principios de rapidez, selectividad y confiabilidad; considerando varios estándares de ANSI/IEEE; realizaron comprobaciones mediante un software que permitió efectuar estudios de caídas de tensión, flujo de carga y corrientes de cortocircuito en sistemas equilibrados o desequilibrados en toda la red de modo simultáneo. Igualmente, lo efectuado por (6) que emplearon el software Digsilent Power Factory enfocado en proporcionar los parámetros de ajustes y calibración de los relés contra sobre – corriente, que permita el mejoramiento de la coordinación de las protecciones del sistema eléctrico de potencia (SEP) de la central. Todo lo cual da soporte a los resultados obtenidos, los cuales están sustentados en la confiabilidad del software Digsilent Power Factory.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, se cumplió con el objetivo general de desarrollar un estudio de coordinación de protección para la evaluación de la operatividad de un nuevo sistema de bombeo de agua recuperada en una minera, en el distrito de San Marcos en el año 2021.

A partir de ello, se llegaron a las siguientes conclusiones específicas:

1. El análisis de flujo de potencia y de cortocircuito realizado para evaluar la capacidad de soportabilidad del sistema eléctrico del nuevo sistema de bombeo determinó que, en el caso 02, la barra de 23 kV Bus-440SGM985 alcanza un valor máximo de 29.76 kA en una falla trifásica, cumpliendo con lo establecido en el proyecto, cuyo límite es de 31.5 kA. En los casos de estudio 02 y 03, las barras de 4.16 kV Bus-440MCM1101A y Bus-440MCM1101B alcanzan un valor máximo de 44.37 kA en falla trifásica, el cual también se encuentra dentro del límite de diseño previsto (50 kA).
2. En el caso 04, se registraron valores que superan los límites de soportabilidad. En las barras de 4.16 kV Bus-440MCM1101A y Bus-440MCM1101B, la corriente de falla trifásica alcanza un valor máximo de 66.06 kA, excediendo la capacidad nominal de los interruptores, que es de 50 kA. Asimismo, en las barras principales de 23 kV ANT23B y ANT23C, se alcanzan corrientes de cortocircuito máximas de 33.23 kA, superando también la soportabilidad de los interruptores, que es de 31.5 kA.
3. Se evaluó el desempeño de las protecciones considerando los criterios de rapidez, selectividad y confiabilidad del sistema. Se comprobó que, para los tres casos de estudio, la caída de tensión se mantiene dentro de los parámetros permitidos. Además, las simulaciones indicaron que el tiempo de arranque individual de los motores de media tensión es de aproximadamente 8.3 segundos.
4. Se determinaron los ajustes de protección necesarios para garantizar el funcionamiento seguro del nuevo sistema de bombeo de agua recuperada. En particular, los ajustes implementados para la protección de motores de media tensión permiten que el fusible actúe antes que el contactor en caso de falla.

Para la protección de subtensión (función 27), se establecieron los parámetros en $V < 80\%$ con un retardo de 2 segundos; mientras que, para la protección de sobretensión (función 59), se fijaron en $V > 120\%$ con el mismo tiempo de retardo (2 s).

RECOMENDACIONES

- Para el caso 04, en el análisis de flujo de potencia y de cortocircuito, donde se supera la capacidad de interrupción de los interruptores (50 kA), se recomienda implementar medidas mitigantes como el telemando, la apertura del interruptor de acoplamiento (TIE), entre otras alternativas contempladas en la jerarquía de controles de la NFPA 70E.
- Asimismo, ante la superación de la capacidad de soporte de los interruptores en dicho caso, se sugiere que la compañía minera realice un estudio integral del sistema, con el fin de definir una estrategia efectiva para el control de la corriente de cortocircuito. Una opción viable es la incorporación de una bobina (reactor) en serie al sistema, ya que estos dispositivos, instalados en serie con los transformadores, permiten reducir la corriente de cortocircuito. No obstante, su implementación también implica un incremento en las pérdidas técnicas del sistema, lo cual debe ser evaluado cuidadosamente.
- Con base en los resultados de las simulaciones, se recomienda, de forma preliminar, considerar un tiempo mínimo entre arranques de 10 segundos. Este valor debe ser verificado mediante equipos de medición especializados, de manera que la curva de arranque real pueda ser registrada y posteriormente trasladada a los transformadores de corriente (TCs) para una correcta coordinación de protecciones.
- En cuanto a los ajustes de subtensión, se recomienda configurar la función Undercurrent con base en mediciones reales. Para un motor desacoplado, la corriente registrada fue de 30.5 A (según la hoja técnica del fabricante); por lo tanto, se sugiere establecer un ajuste preliminar de 35 A, sujeto a validación en campo.

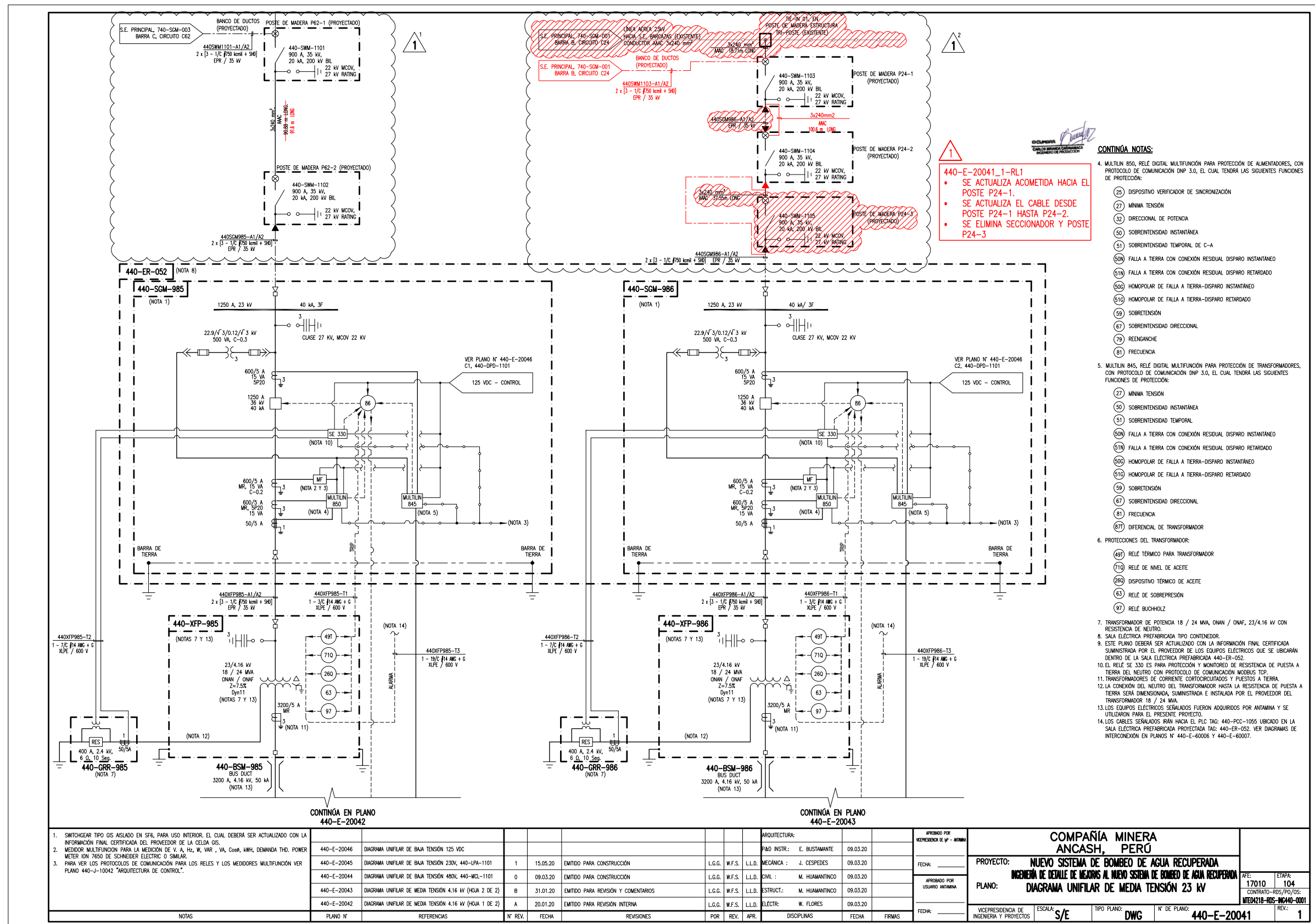
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Influencia del comportamiento reológico de las pulpas lateríticas en la eficiencia de bombeo.* **Pérez García, L, y otros.** 3, Santiago de Cuba : s.n., 2021, Tecnología Química, Vol. 41.
2. *Impact of voltage sag on electrical system for water pumping of Mae Moh mine.* **Boonkird, W, Premrudeepreechacharn, S y Baghzouz, Y.** 17841245, Liubliana : s.n., 2018, 2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP).
3. *Estudio de coordinación de protecciones en el sistema de subtransmisión de la Empresa Eléctrica Quito considerando la conexión de la Línea Vicentina – Santa Rosa 138 kV.* **Castillo, Y y Pérez, F.** JIEE 2018, Quito : s.n., 2018, Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, Vol. 3.
4. *Coordinación de protecciones y análisis de fallas en circuitos de distribución, caso del circuito Y410.* **Corrales, Luis: Salas, Daniel, Arostegui, Jorday y Viamontes, Kirenia.** 3, Colombia : Ingeniería Energética, 2019, Vol. XLIV. 80-87.
5. **Jiménez, Jorge y Paternina, Alberto.** Tesis . *Estudio de Coordinación de Protecciones en la Empresa Tecnoglass S.A.* Barranquilla : Universidad de La Costa, 2020.
6. *Estudio de coordinación de Protecciones Eléctricas en Celec-Ep Termoesmeraldas II aplicando el Software Digsilent Power Factory.* **Chere, Byron, y otros.** 08, Quito : Revista Polo del Conocimiento, 2020, Vol. 5.
7. **Del Pino, Beatriz.** Tesis. *Análisis de Esquemas de Protección para Generadores de Energía Eléctrica.* Madrid : Universidad Carlos III de Madrid, 2017.
8. **Barría, Pamela Del Carmen.** Tesis. *Estudio de coordinación de protecciones eléctricas en planta de oxígeno de fundición minera.* Bio Bio : Universidad del Bio Bio, 2015.
9. **Ticse, David.** Tesis. *Análisis del sistema de protección para la optimización de la calidad de suministro del alimentador A4703-Tarma.* Huancayo : Universidad Continental, 2020.
10. **Quispe, Sabino.** Tesis. *Coordinación del Sistema de Protección en Baja tensión de una Estación Remota Reductora de Presión S009A.* Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2020.
11. **Lara, Alberto.** Tesis. *Estudio del sistema de bombeo temporal de control de nivel de Polishing Pond Dump (PPD) en el Complejo Minero de la Compañía Minera Antamina S.A.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.

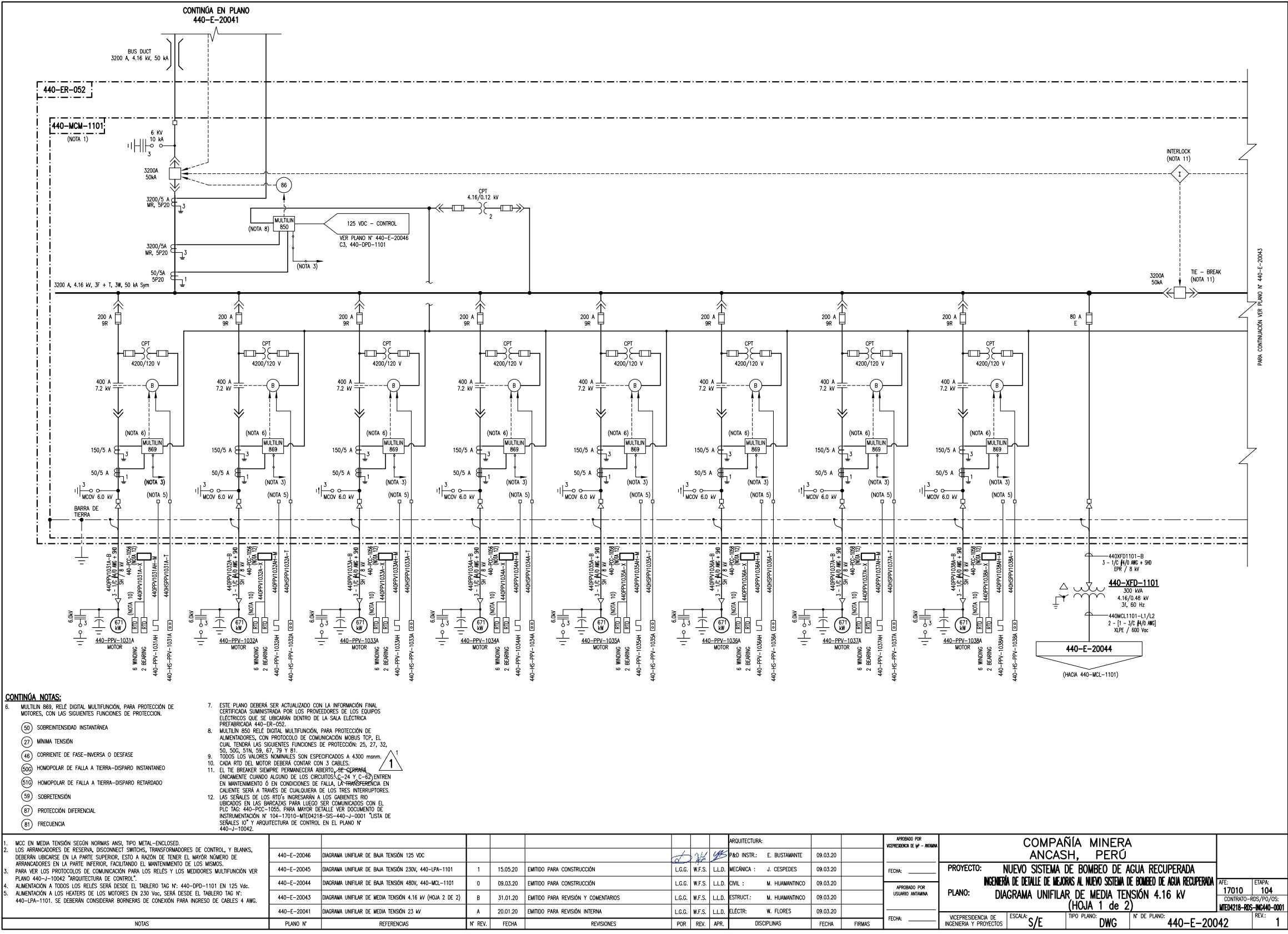
12. **Lozada, E y Pongo, Luis.** Tesis. *Estudio de la coordinación de protecciones del sistema eléctrico en 22,9 kv para la planta procesadora en Shanango - Bellavista, Jaén.* Jaén : Universidad Nacional de Jaén, 2019.
13. **Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.** Requisitos mínimos para los sistemas de protección del SEIN. Lima : s.n., 2018.
14. **García, S.** *Desarrollo de un Relevador para Proteccion de Generacion Distribuida en Redes de Media Tension.* México : Instituto Politécnico Nacional, 2015.
15. **Ajin, M.** Tesis de Grado. *Análisis del Sistema de Puesta a Tierra de la Subestación Guatemala Este.* Guatemala : s.n., 2012.
16. **Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.** *Estudio de Coordinacion de Protecciones del SEIN.* Lima : s.n., 2018.
17. **Hurtado, León y Toro, J.** *Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio.* Caracas : CEC, 2007.
18. **Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P.** *Metodología de la investigación.* 6ta. D.F. : McGraw-HillInteramericana, 2014.
19. **Palomino, J., y otros.** *Metodología de la investigación.* Lima : San Marcos, 2015.
20. **Carrasco, S.** *Metodología de la investigación científica.* Lima : Editorial San Marcos, 2017.
21. **Rúa Álvarez, Santiago.** *Coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 de la empresa Compañía de Empaques S.A.* Medellín : s.n., 2022.
22. **Figuerola, Joel.** PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS. [En línea] <https://informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/>.

ANEXOS

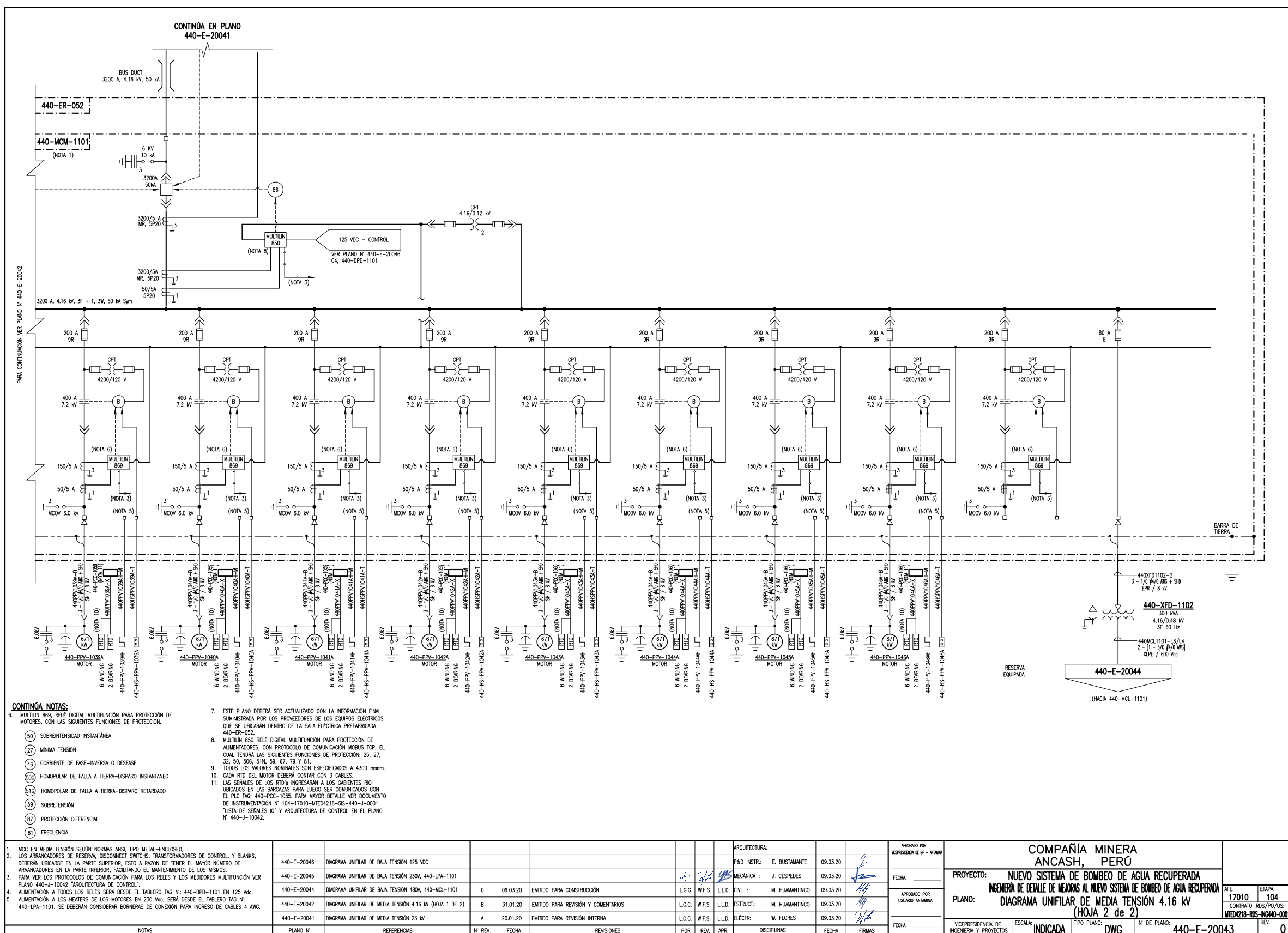
Anexo 1. Plano unifilar de media tensión 23 kV



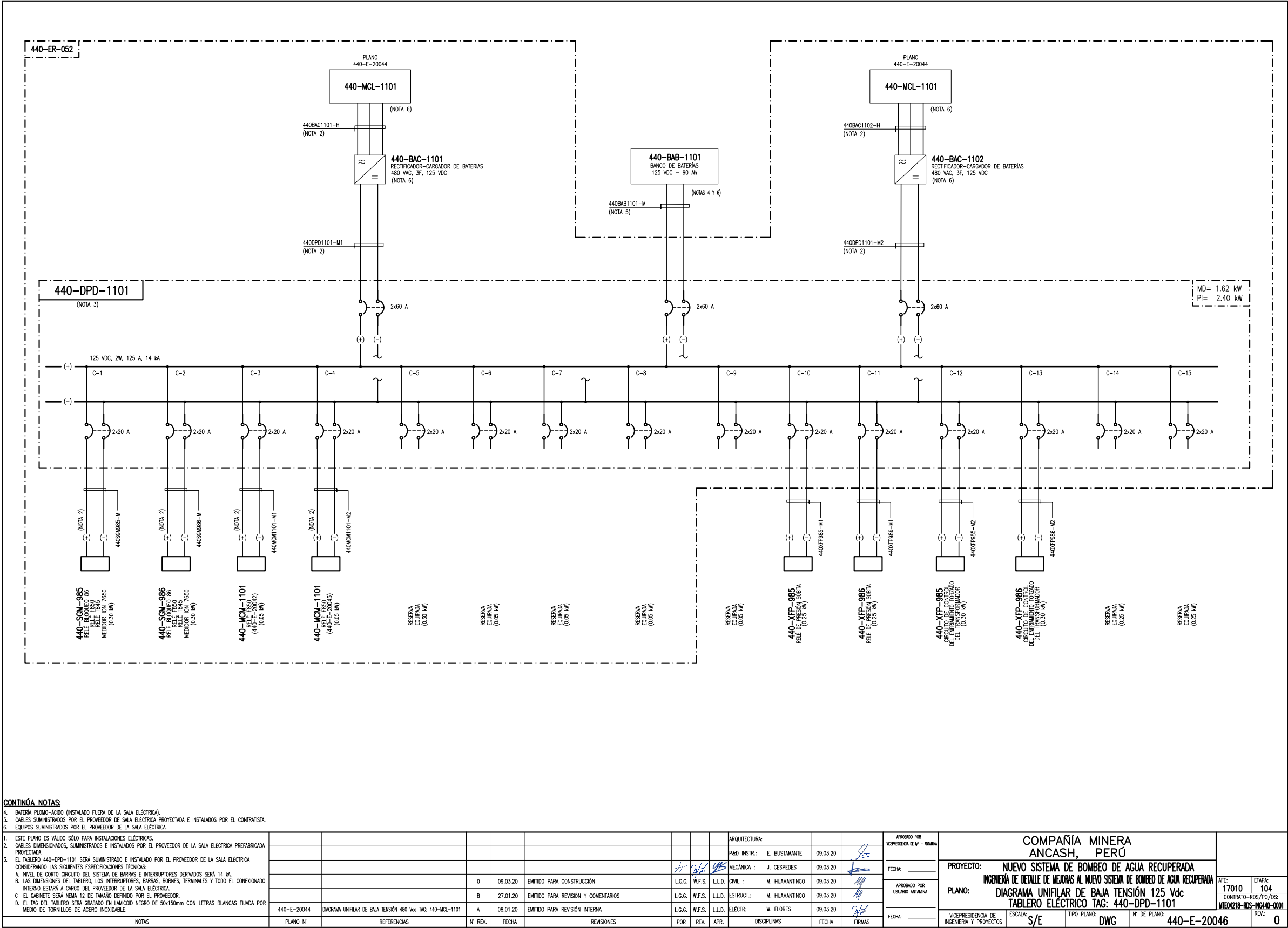
Anexo 2. Plano unifilar de media tensión 4.16 kV (1/2)



Anexo 3. Plano unifilar de media tensión 4.16 kV (2/2)



Anexo 4. Plano unifilar de baja tensión 125 Vdc



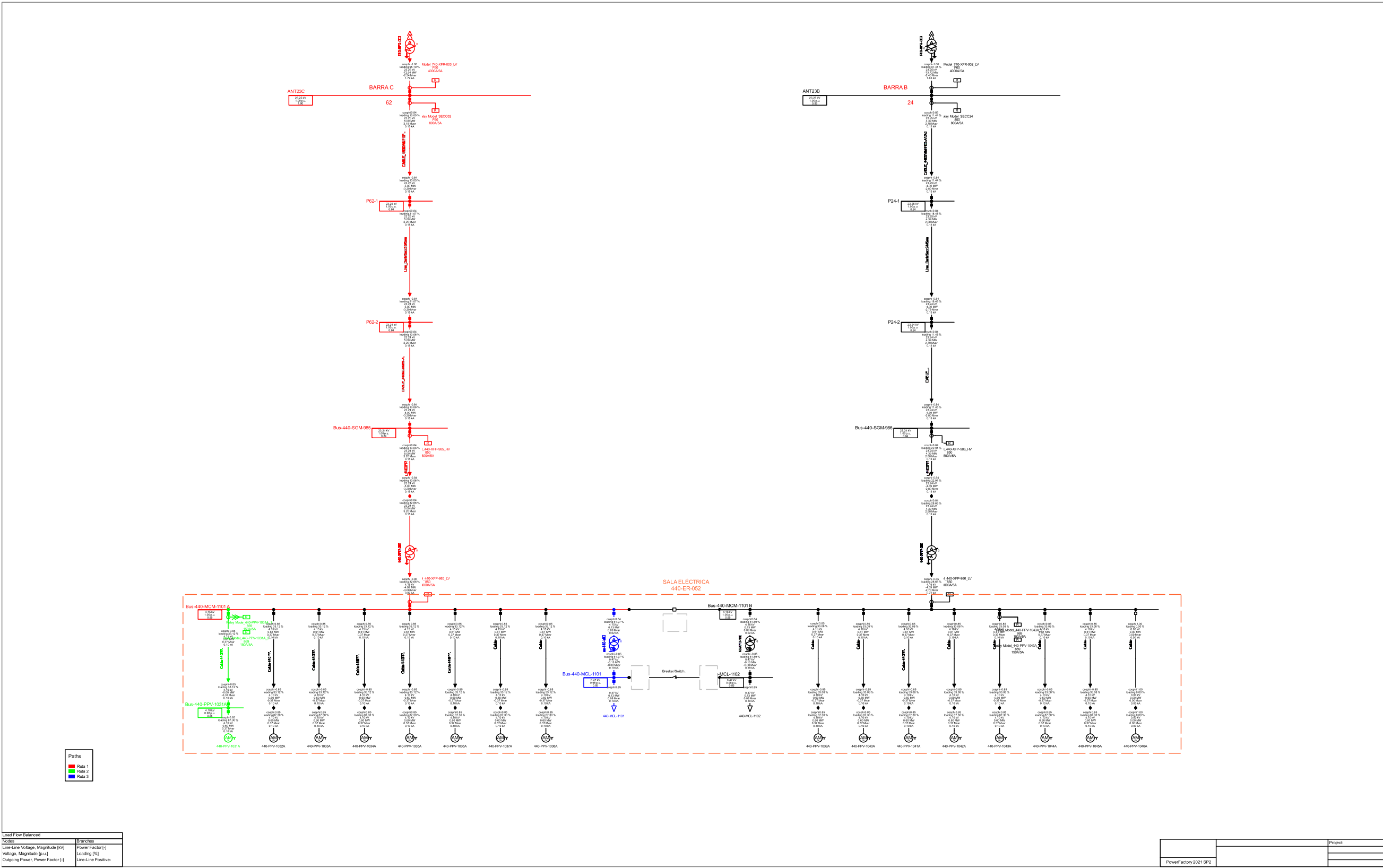
Anexo 5. Ficha de datos de los motores

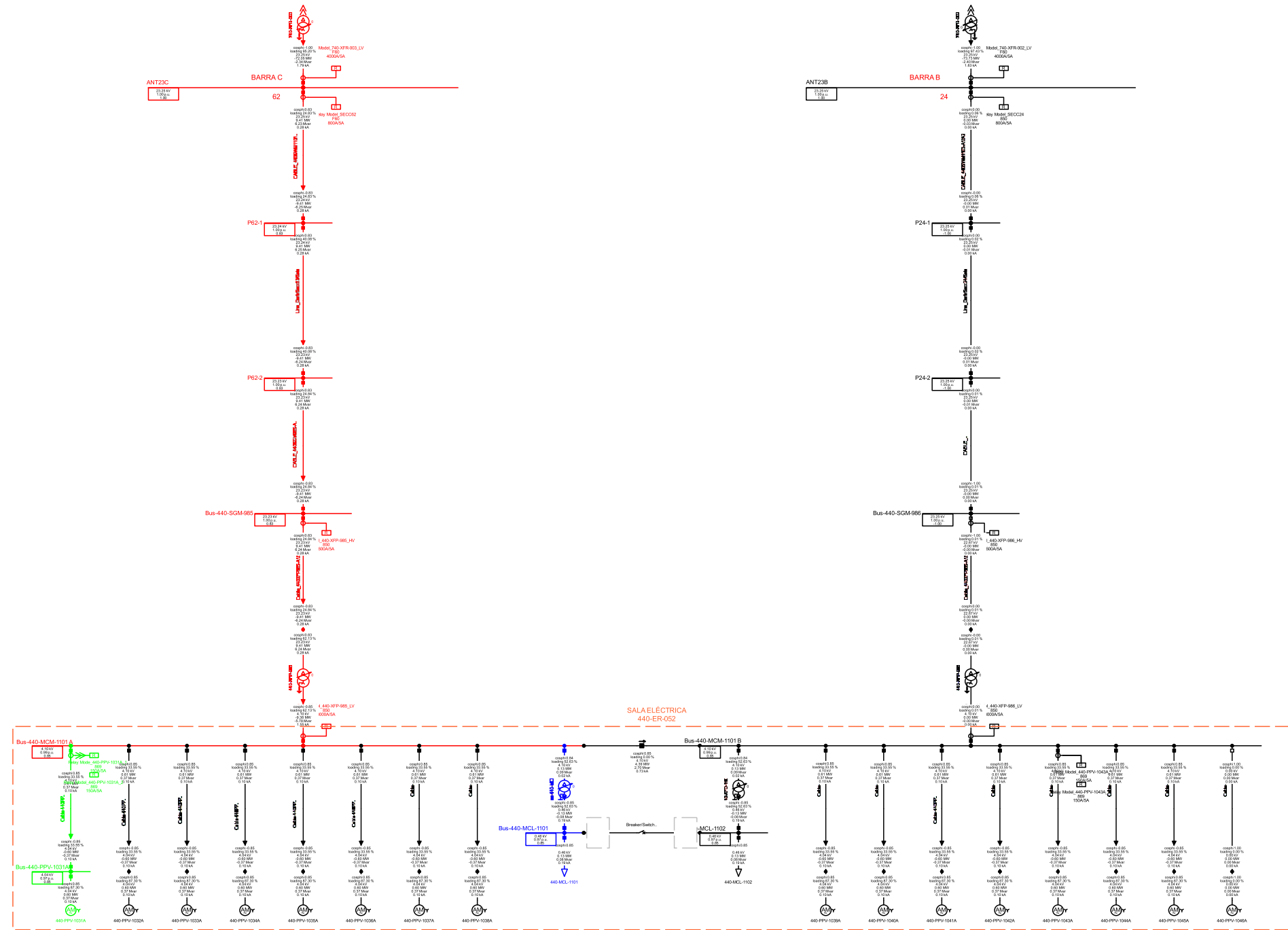
ITEM	TAG	DESCRIPCION	MODELO	CATALOG	ID SERIE	POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	FASES	VELOCIDAD	TEMPERATURA AMBIENTE MAXIMA	FACTOR DE SERVICIO	FRECUENCIA	FACTOR DE POTENCIA	DUTY	FRAME	TIPO	ENCLOSURE	CODE	EFICIENCIA NOMINAL	EFICIENCIA GARANTIZADA	FACTOR DE SERVICIO CORRIENTE	MAX KVAR	OIL CAPACITY LOWER	OIL CAPACITY UPPER	PESO
1	440-PPV-1031	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0001 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
2	440-PPV-1032	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0002 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
3	440-PPV-1033	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0003 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
4	440-PPV-1034	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0004 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
5	440-PPV-1035	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0005 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
6	440-PPV-1036	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0006 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
7	440-PPV-1037	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0007 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
8	440-PPV-1038	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0008 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
9	440-PPV-1039	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0009 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
10	440-PPV-1040	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0010 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
11	440-PPV-1041	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0011 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
12	440-PPV-1042	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0012 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
13	440-PPV-1043	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0013 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
14	440-PPV-1044	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0014 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
15	440-PPV-1045	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0015 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS
16	440-PPV-1046	MOTOR ELECTRICO	140TS93J	150BC02J3	A 12 7725076-0016 R 0001	900 HP	4160 V	112 A	3	1790	30 °C	1.15	60 HZ	85.9	CONT	5812 VP	JVCE4	TEFC	H	96.5	95.8	129 A	186.8	4	41	10140 LBS

Anexo 6. Ficha de datos de los relés

ITEM	TAG	DESCRIPCION	CATALOG	MODELO	ID SERIE	IDIOMA	CORRIENTE FASE SLOT "J"	CORRIENTE FASE SLOT "K"	CORRIENTE DE TIERRA	TENSION DE ALIMENTACION	SLOT B LV - IO	SLOT C LV - IO	SLOT F HV - IO	SLOT G HV - IO	SLOT H HV - IO	CONECTOR DE FIBRA OPTICA	COMUNICACIÓN WIRELESS	SEGURIDAD
1	440-PPV-1031	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000439	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
2	440-PPV-1032	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000440	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
3	440-PPV-1033	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000441	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
4	440-PPV-1034	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000442	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
5	440-PPV-1035	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000443	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
6	440-PPV-1036	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000444	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
7	440-PPV-1037	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000445	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
8	440-PPV-1038	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000446	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
9	440-PPV-1039	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000447	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
10	440-PPV-1040	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000448	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
11	440-PPV-1041	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000449	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
12	440-PPV-1042	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000450	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
13	440-PPV-1043	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000451	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
14	440-PPV-1044	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000452	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
15	440-PPV-1045	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000453	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
16	440-PPV-1046	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000454	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
17	RESERVA	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000455	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA
18	RESERVA	RELE DE PROTECCION DE MOTOR	MULTILIN 869	869-EP5NNG5HSSALFGSSFASENNBN	MJ3A20000456	INGLES	5 A - 3 FASES	NO ENTRADA DE CORRIENTE DE FASE	5 A - TIERRA	110 - 230 VAC / VDC	6 X RTD	6 X RTD	2 FORM A + 3 FORM C + 7 DIG INP.	7 DCmA + 4DCmA + 1 RTD	10 DIGITAL INPUT + 4 ARC FLASH	NO	NO	BASICA

Anexo 7. Análisis de flujo de potencia

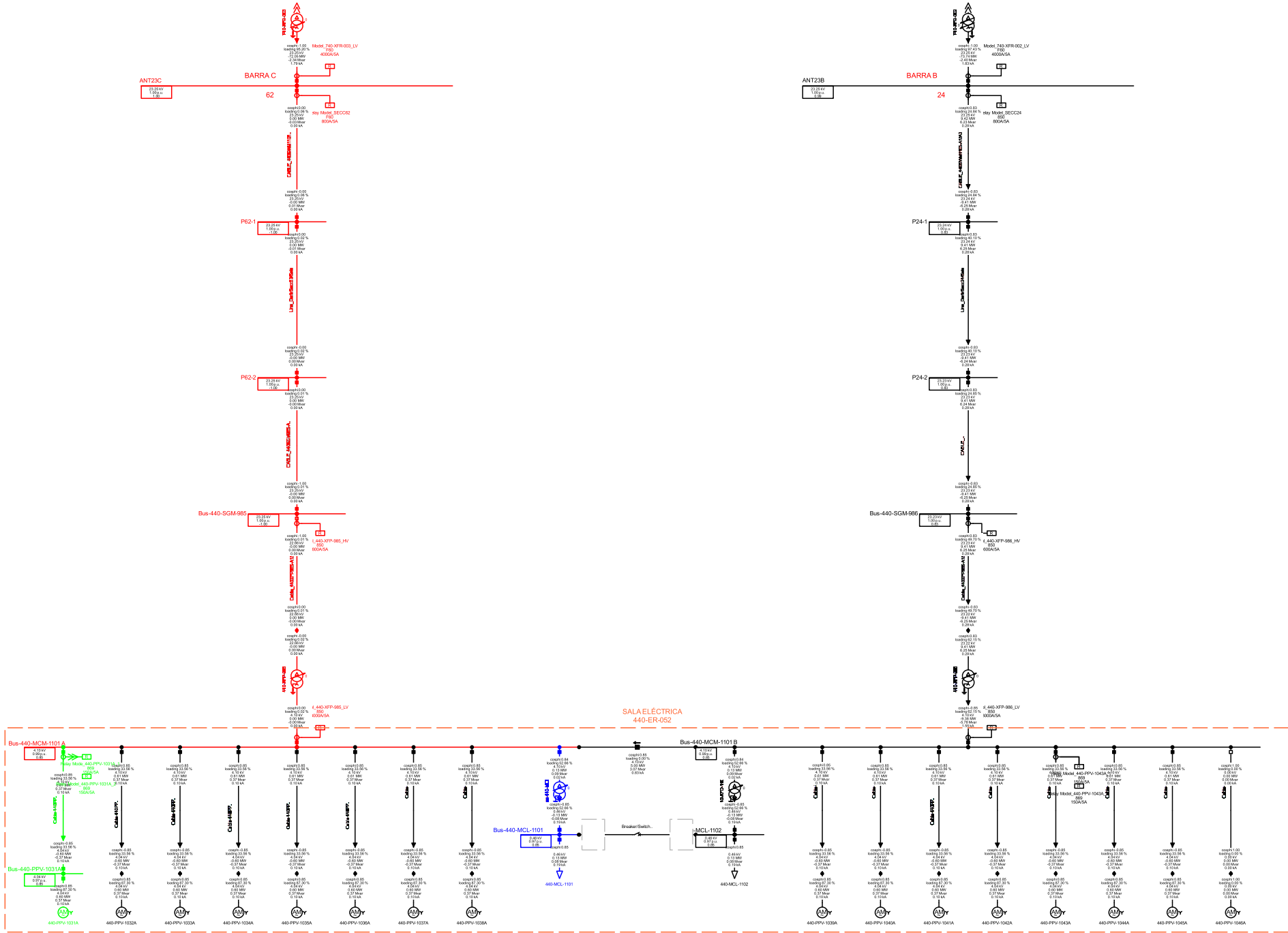




Paths
 Ruta 1
 Ruta 2
 Ruta 3

Load Flow Balance	
Nodes	Branches
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]	Power Factor [-]
Voltage, Magnitude [p.u.]	Loading [%]
Outgoing Power, Power Factor [-]	Line-Line Positive

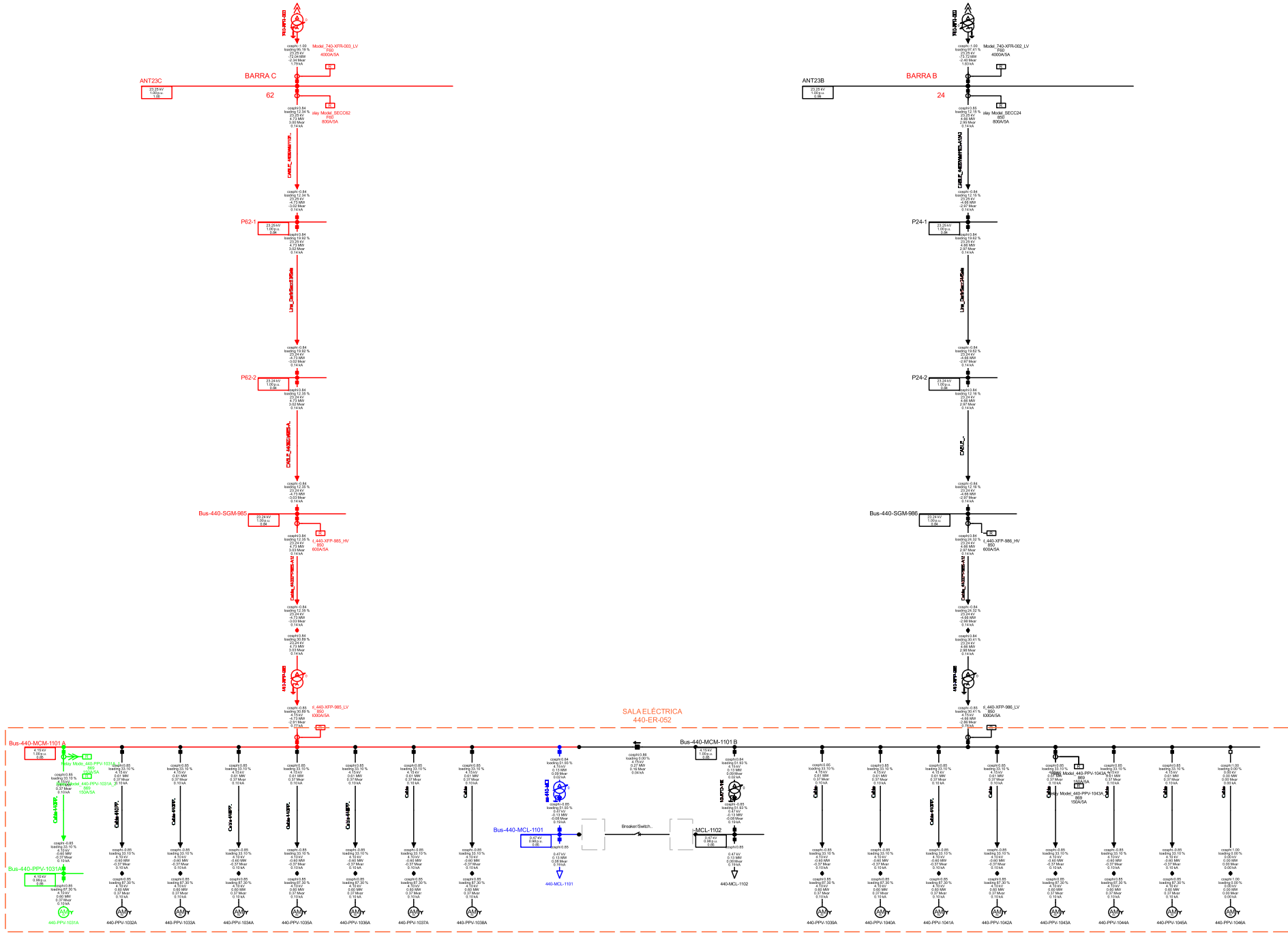
		Project
PowerFactory 2021 SP2		



Paths
Rule 1
Rule 2
Rule 3

Load Flow Balanced	
Nodes	Branches
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]	Power Factor [-]
Voltage, Magnitude [p.u.]	Loading [%]
Outgoing Power, Power Factor [-]	Line-Line Positive-

Project	
PowerFactory 2021 SP2	

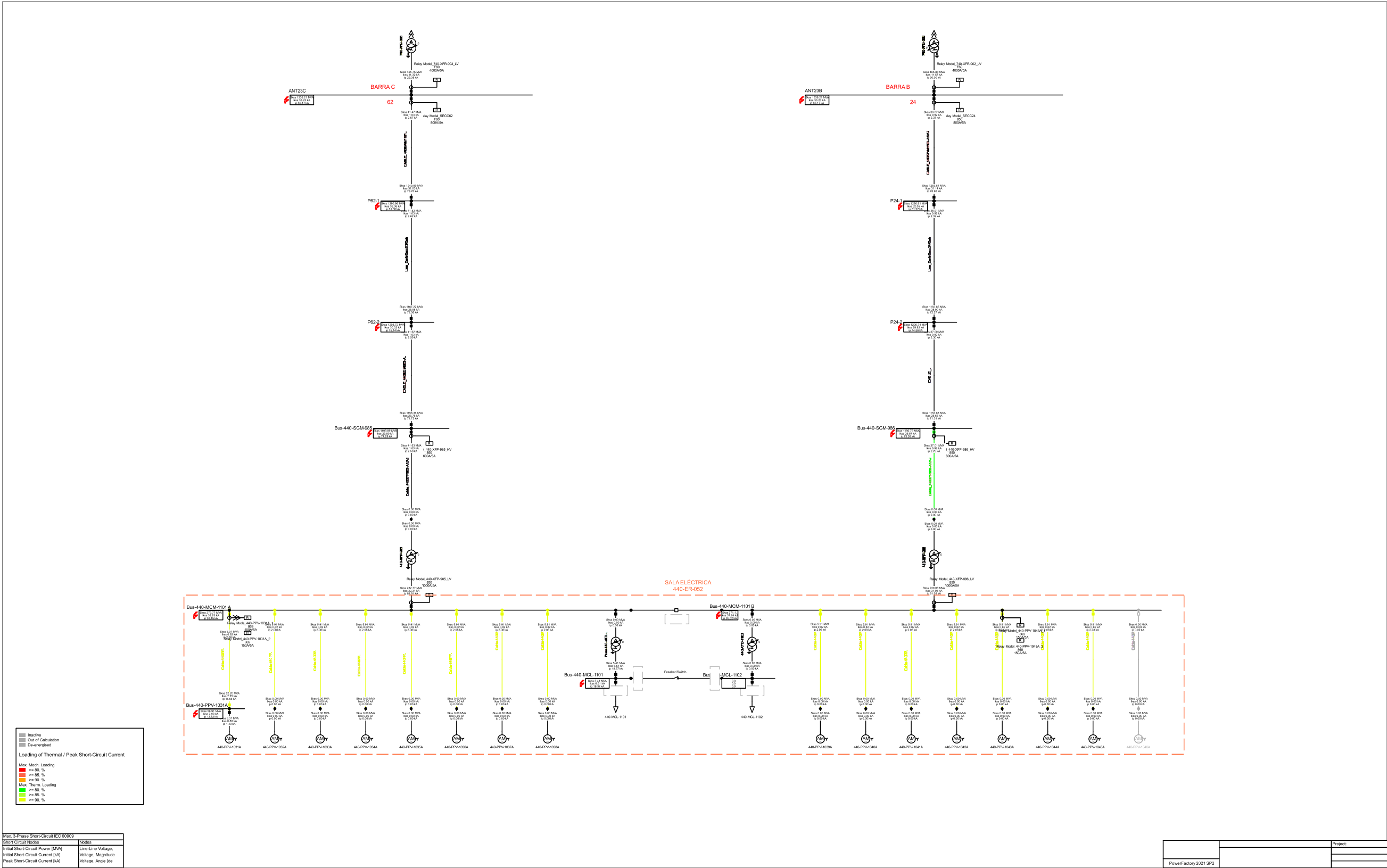


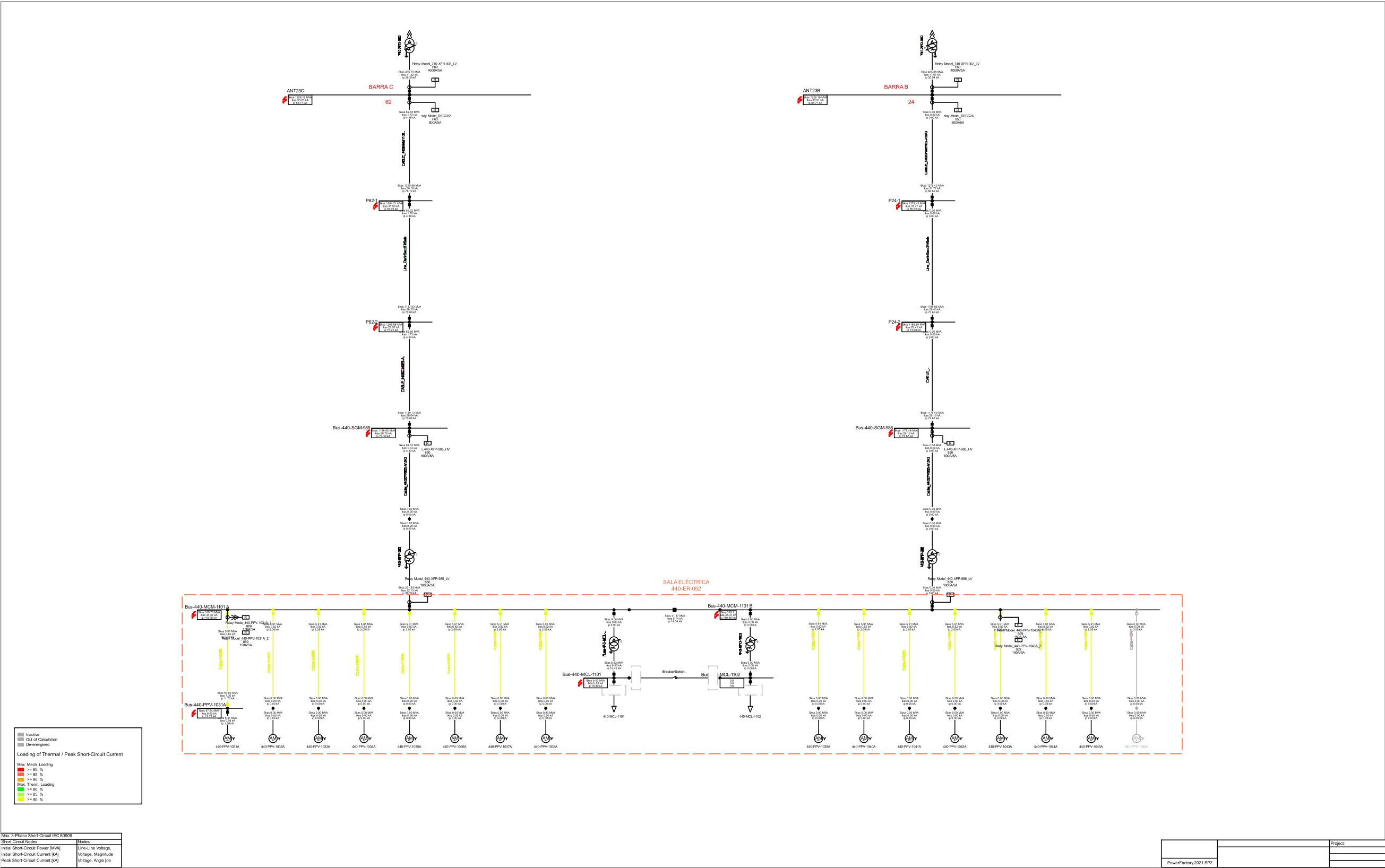
Paths
Rule 1
Rule 2
Rule 3

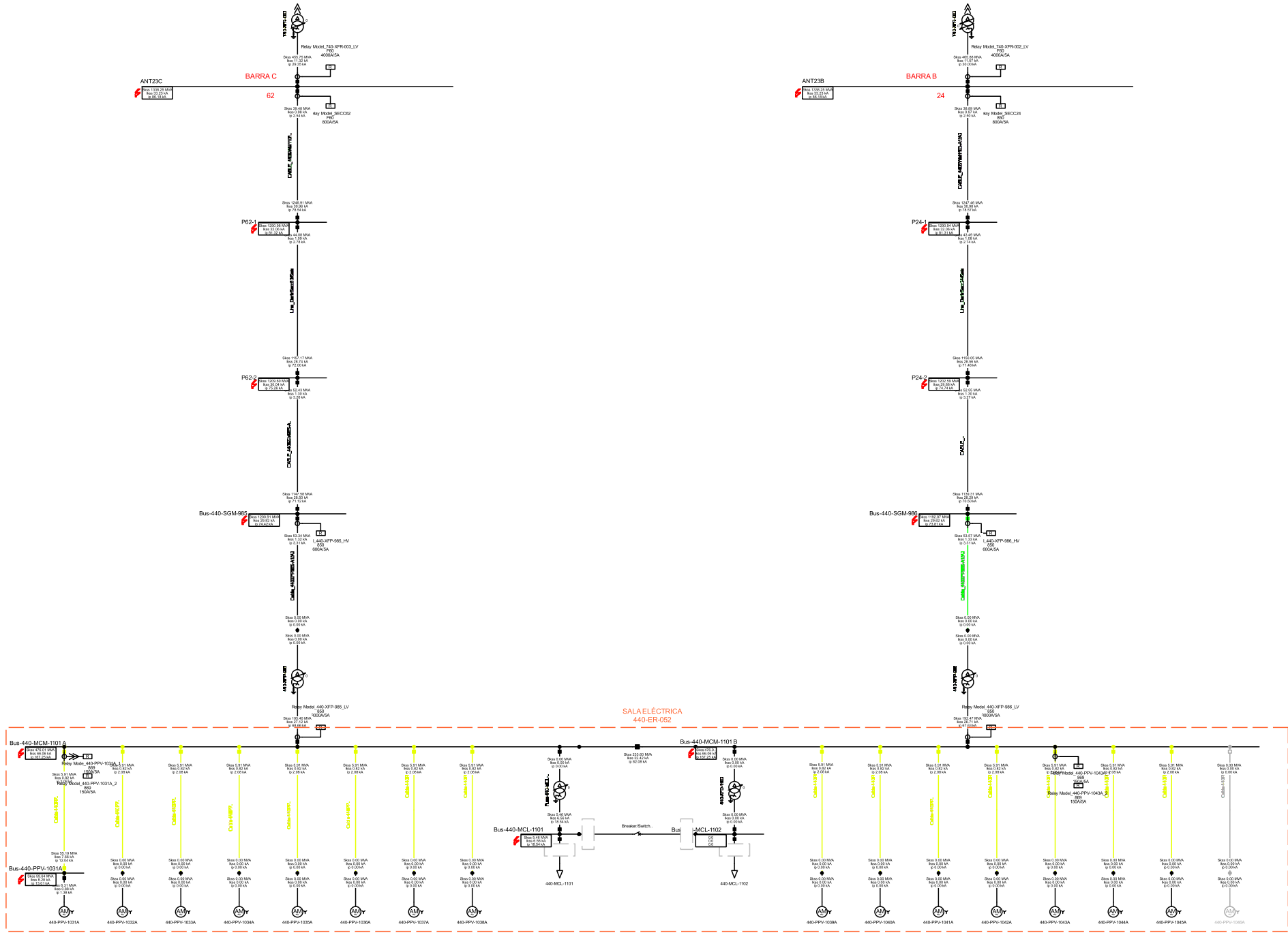
Load Flow Balanced	
Nodes	Branches
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]	Power Factor [-]
Voltage, Magnitude [p.u.]	Loading [%]
Outgoing Power, Power Factor [-]	Line-Line Positive-

Project	
PowerFactory 2021 SP2	

Anexo 8. Análisis de cortocircuito trifásico







Inactive

Out of Calculation

De-energised

Loading of Thermal / Peak Short-Circuit Current

Max. Mech. Loading

>= 80. %

>= 85. %

>= 90. %

Max. Therm. Loading

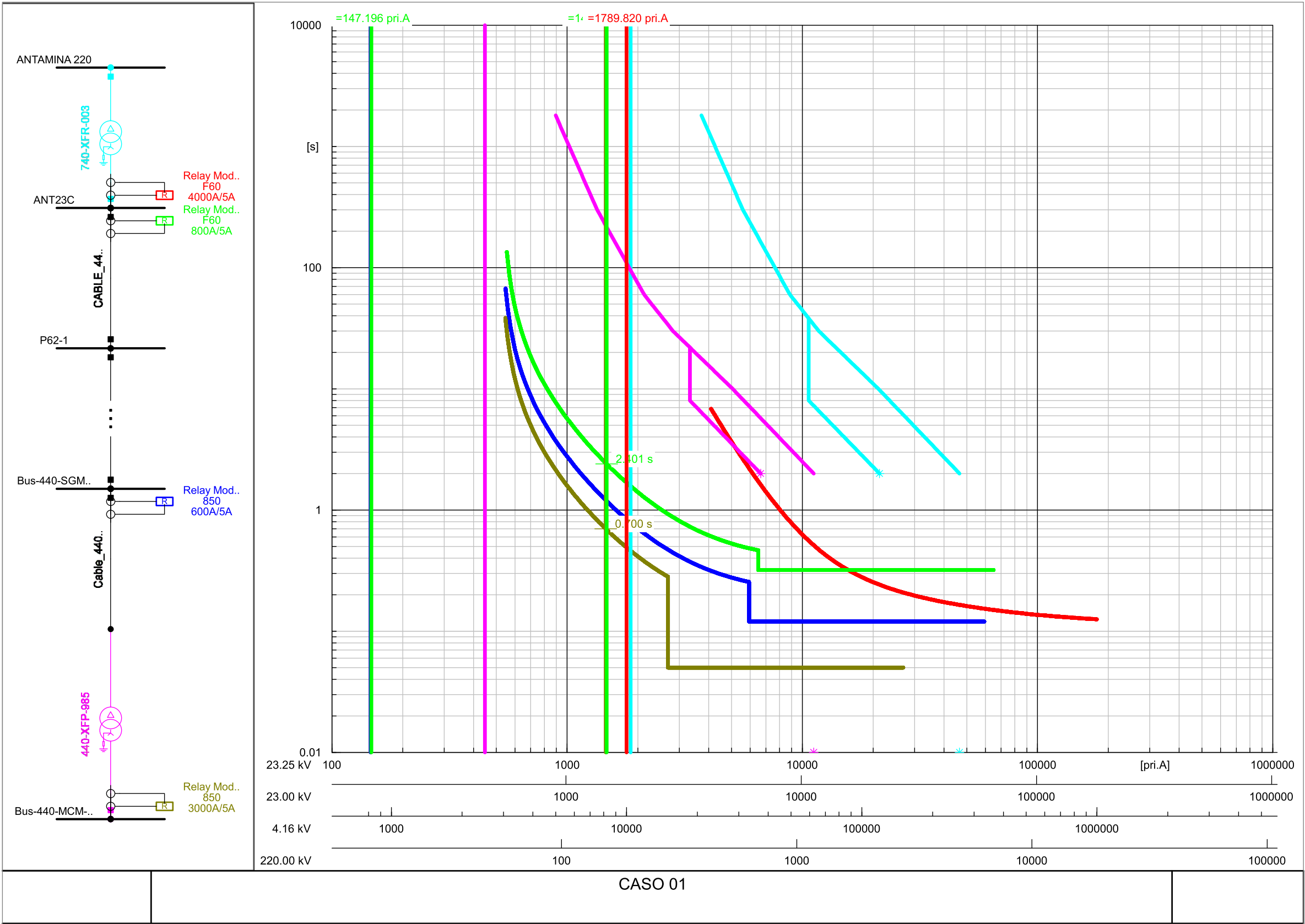
>= 80. %

>= 85. %

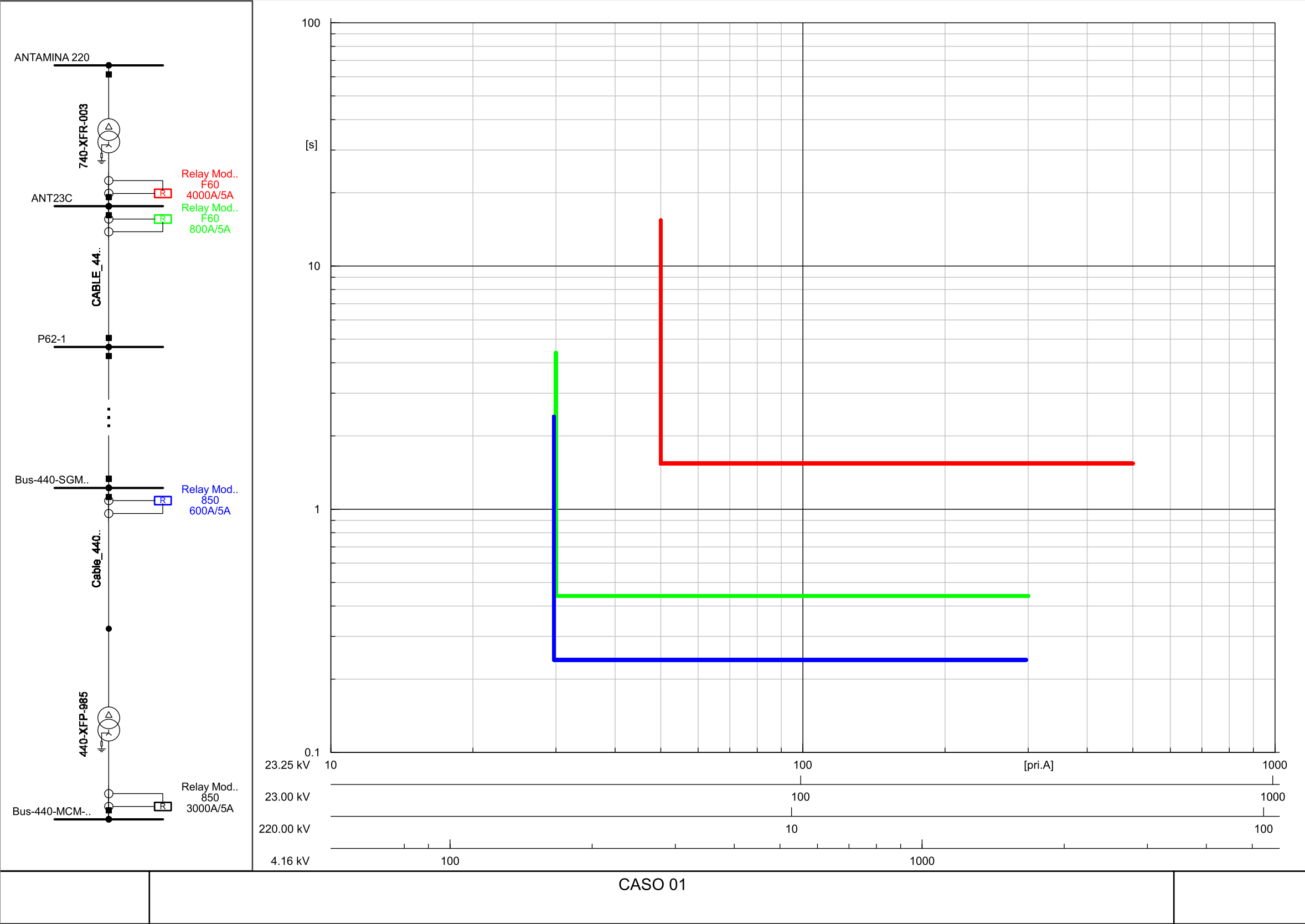
>= 90. %

Max. 3-Phase Short-Circuit (IEC-60909)		Nodes	
Initial Short-Circuit Power [MVA]		Line Line Voltage	
Initial Short-Circuit Current [kA]		Voltage, Magnitude	
Peak Short-Circuit Current [kA]		Voltage, Angle [de	

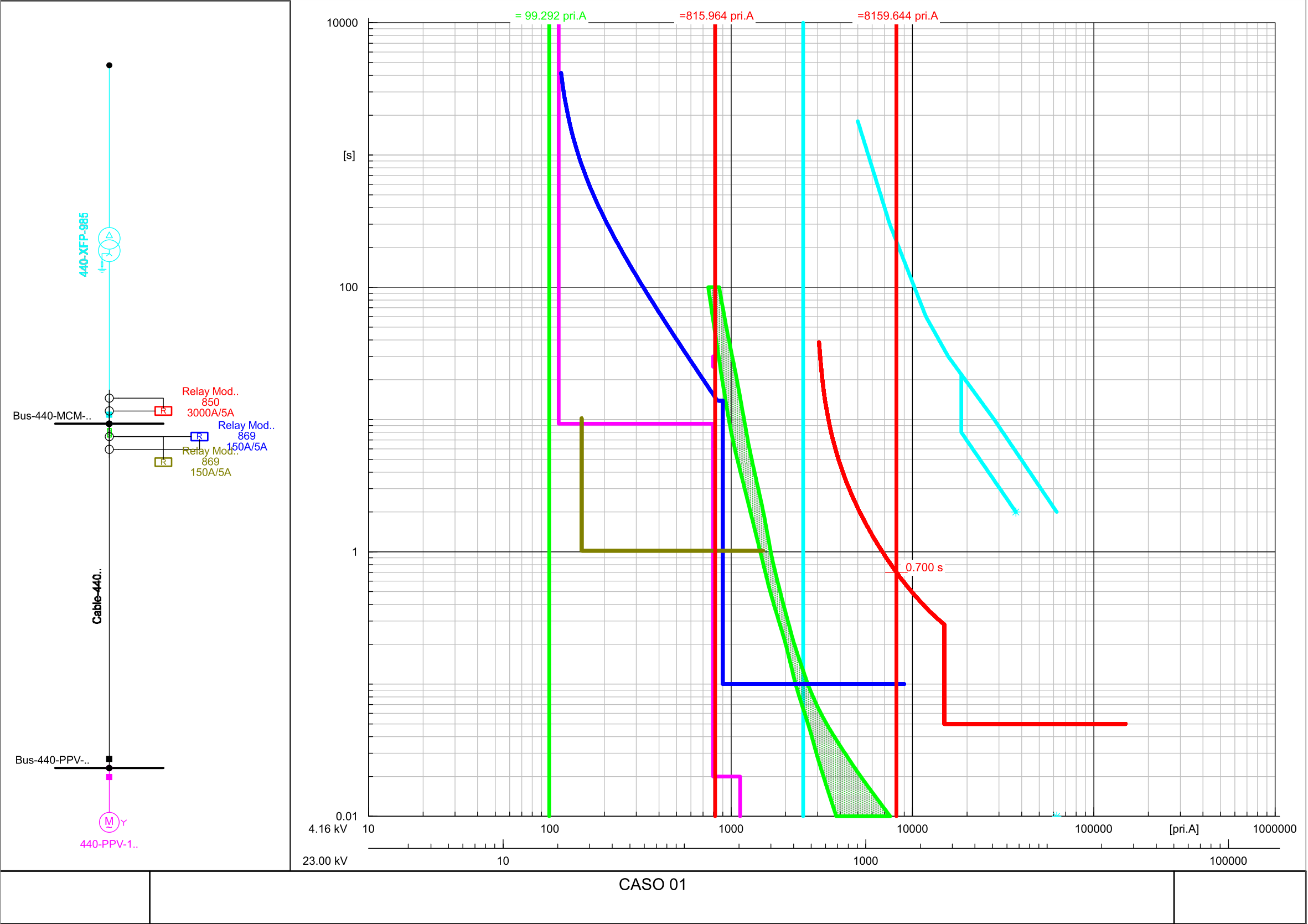
		Project



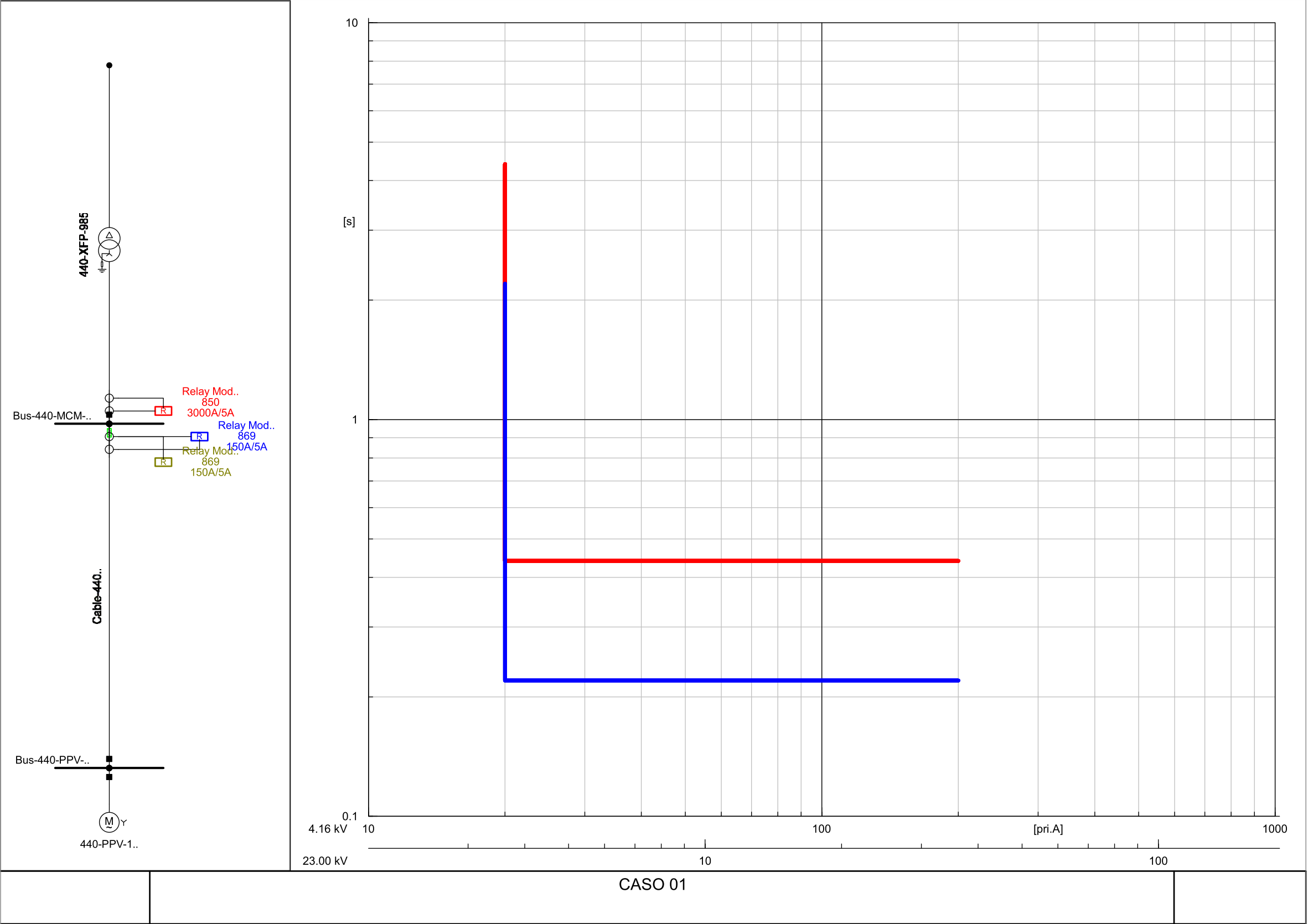
23 kV



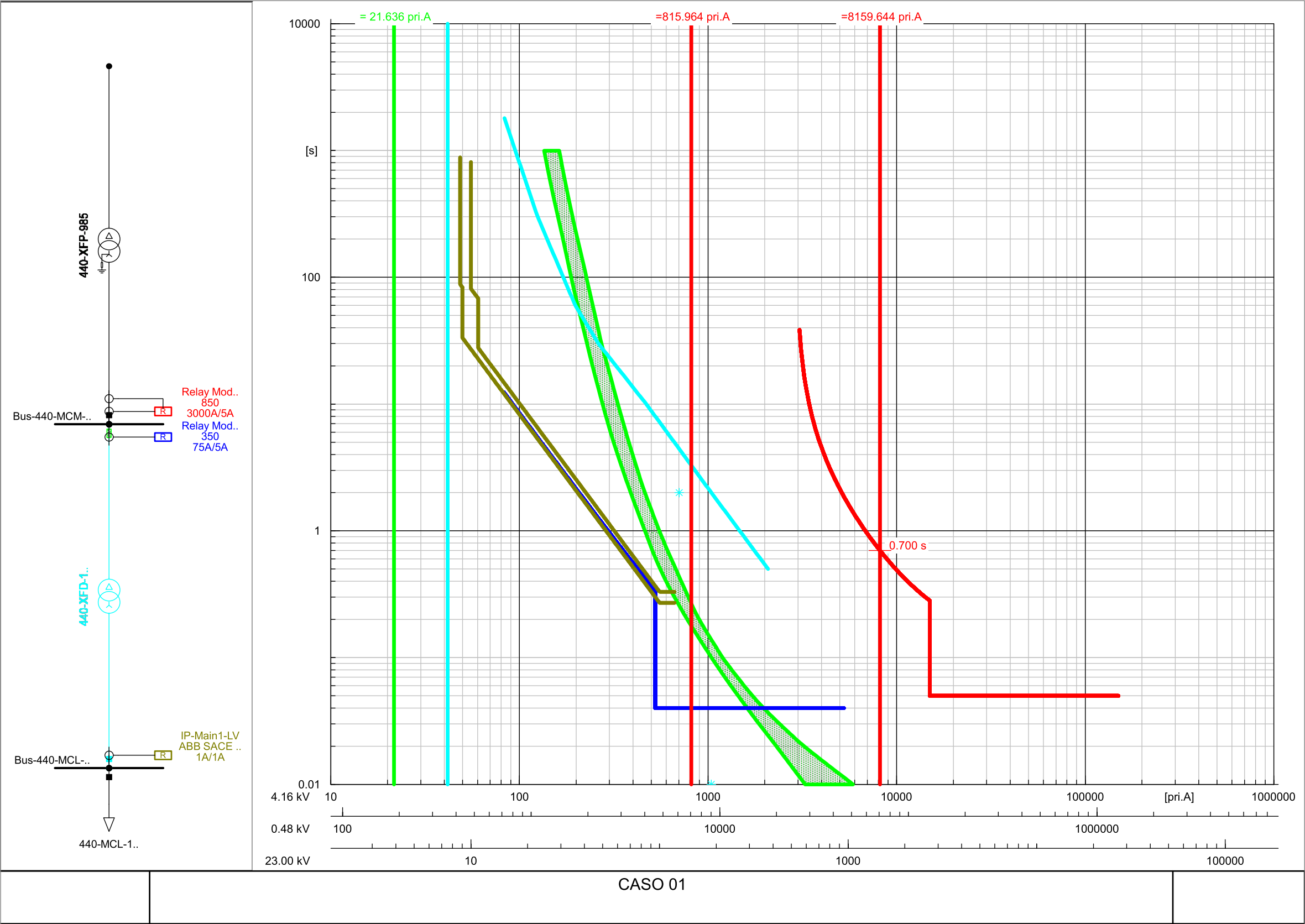
4.16 kV



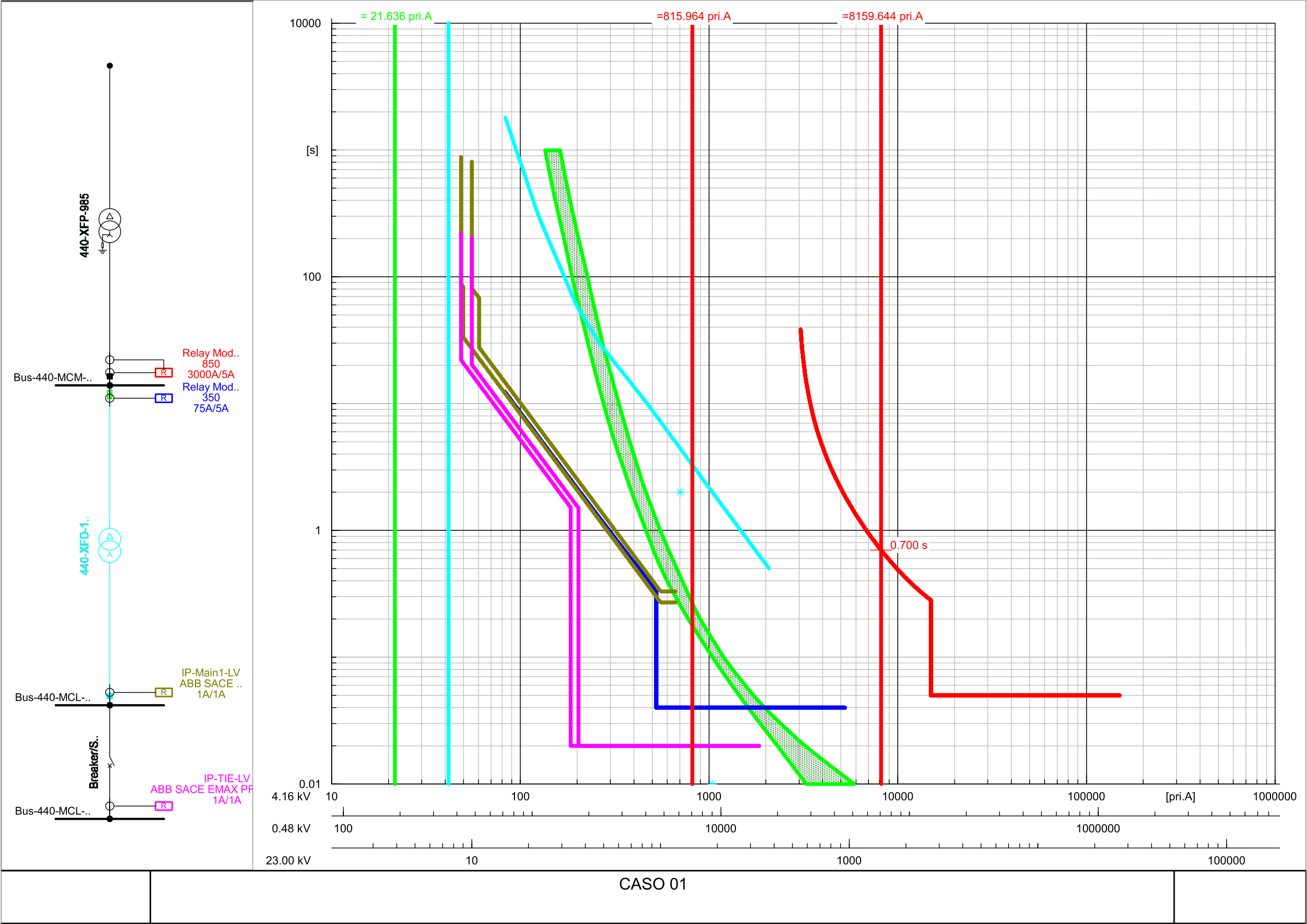
4.16 kV



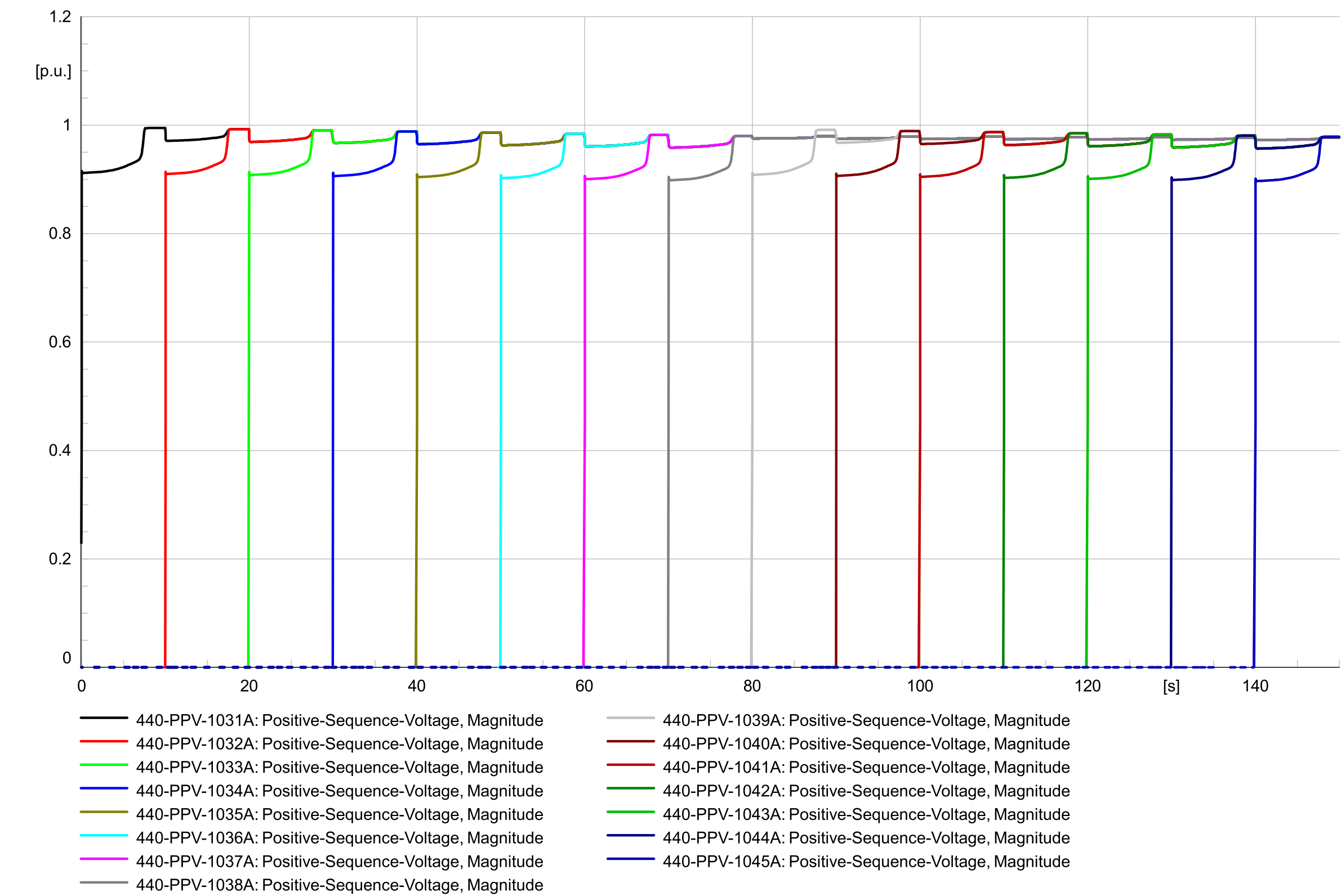
0.48 kV



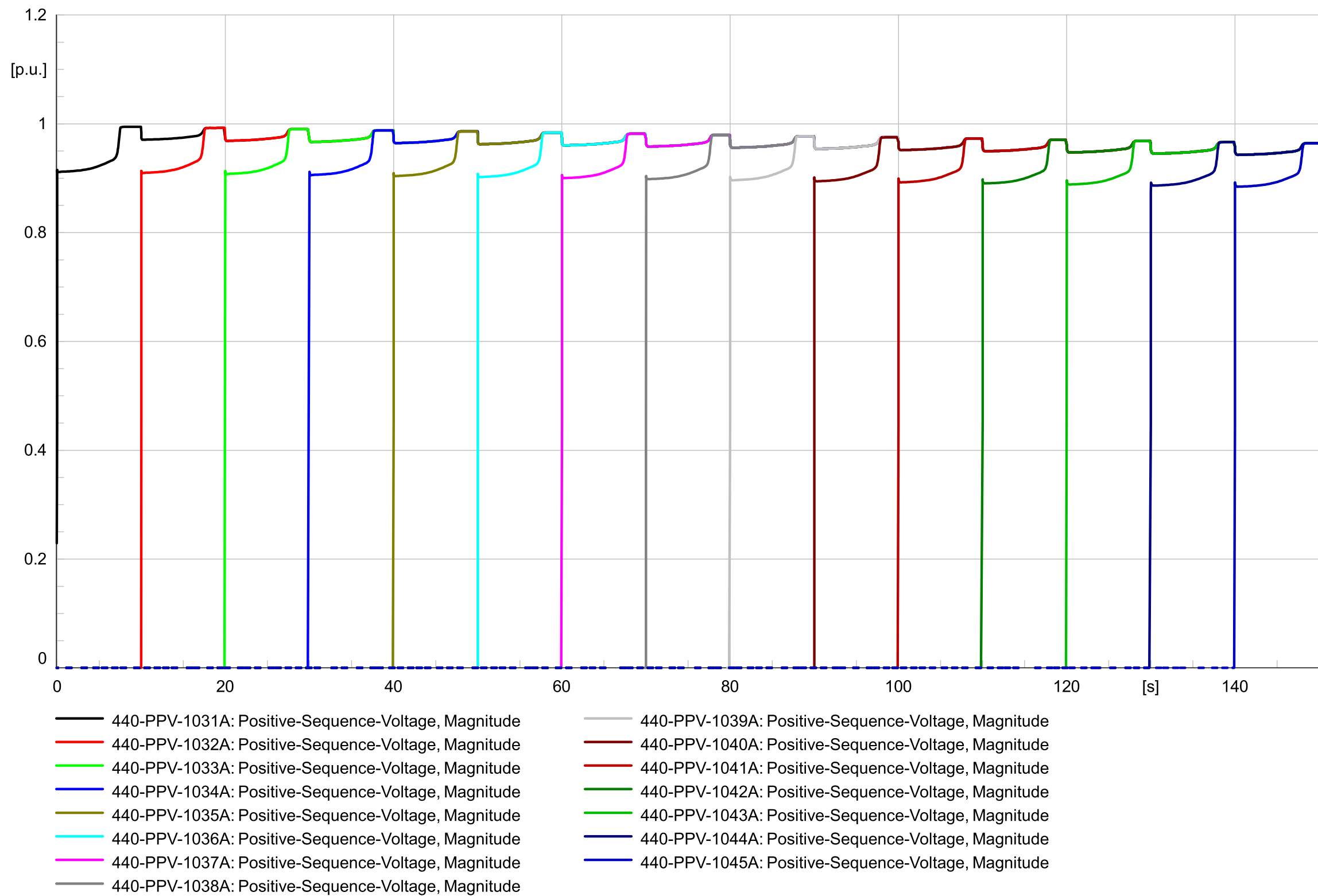
0.48 kV



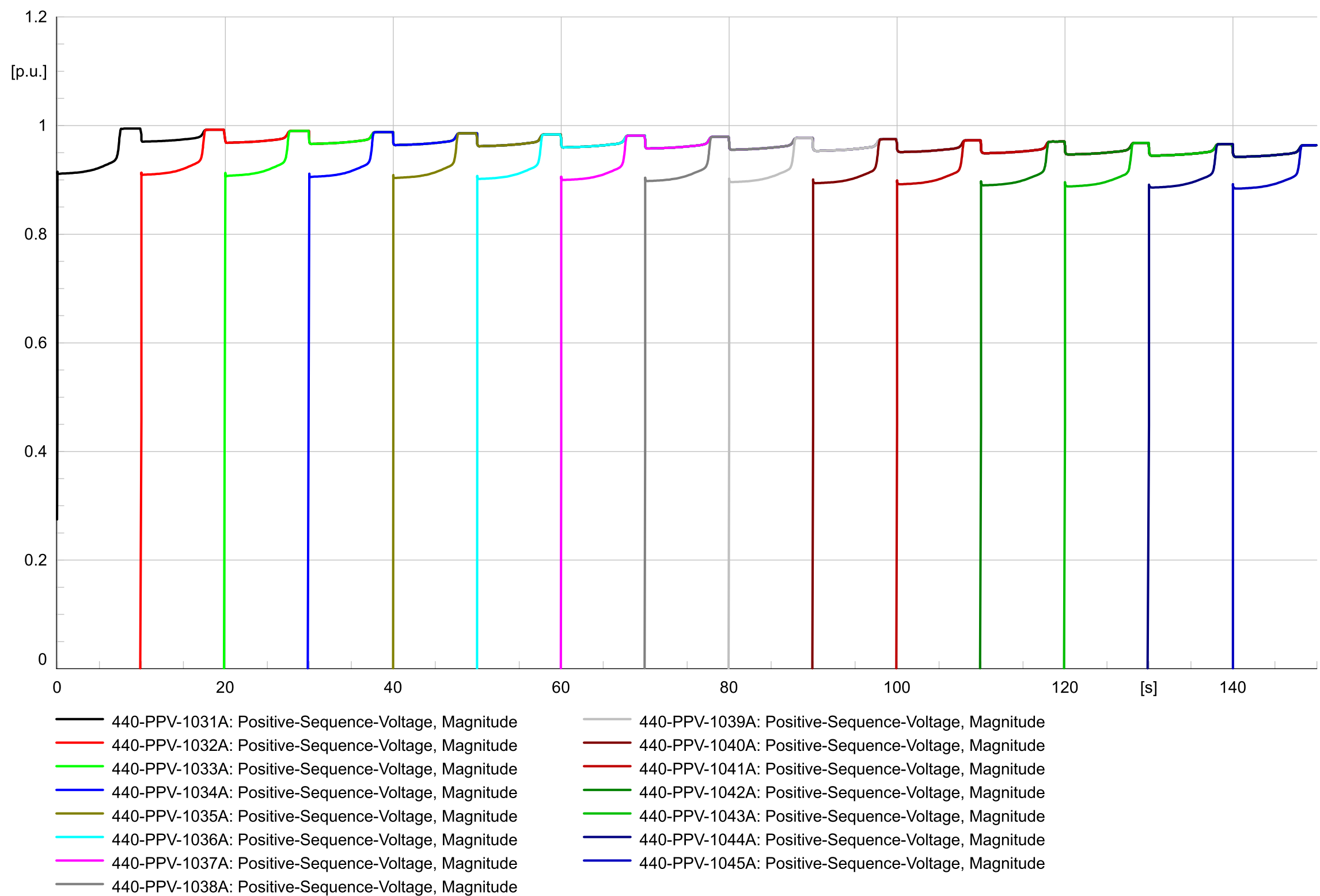
Anexo 10. Estudio de Arranque de motores - Curva de Voltaje



CASO 01

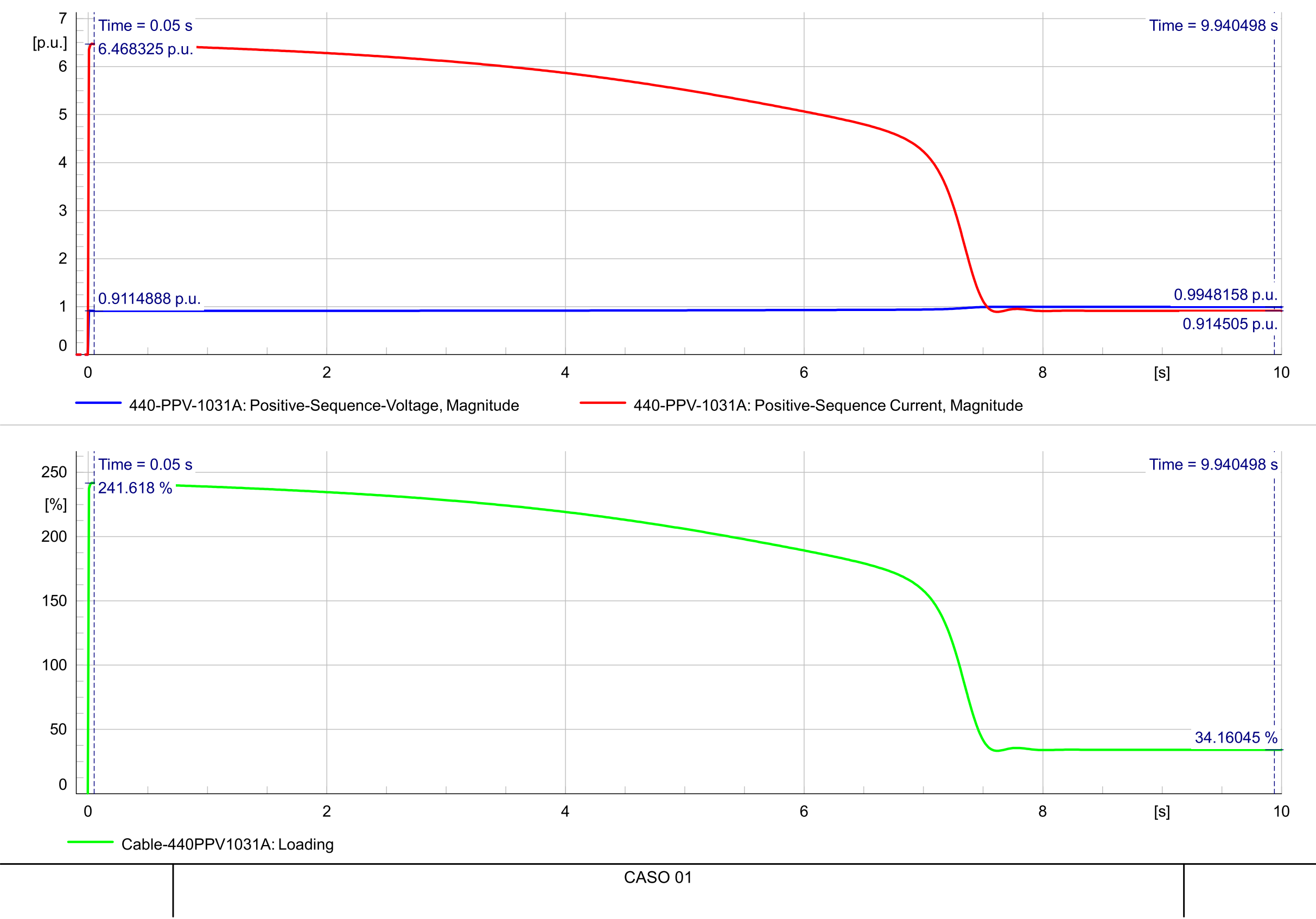


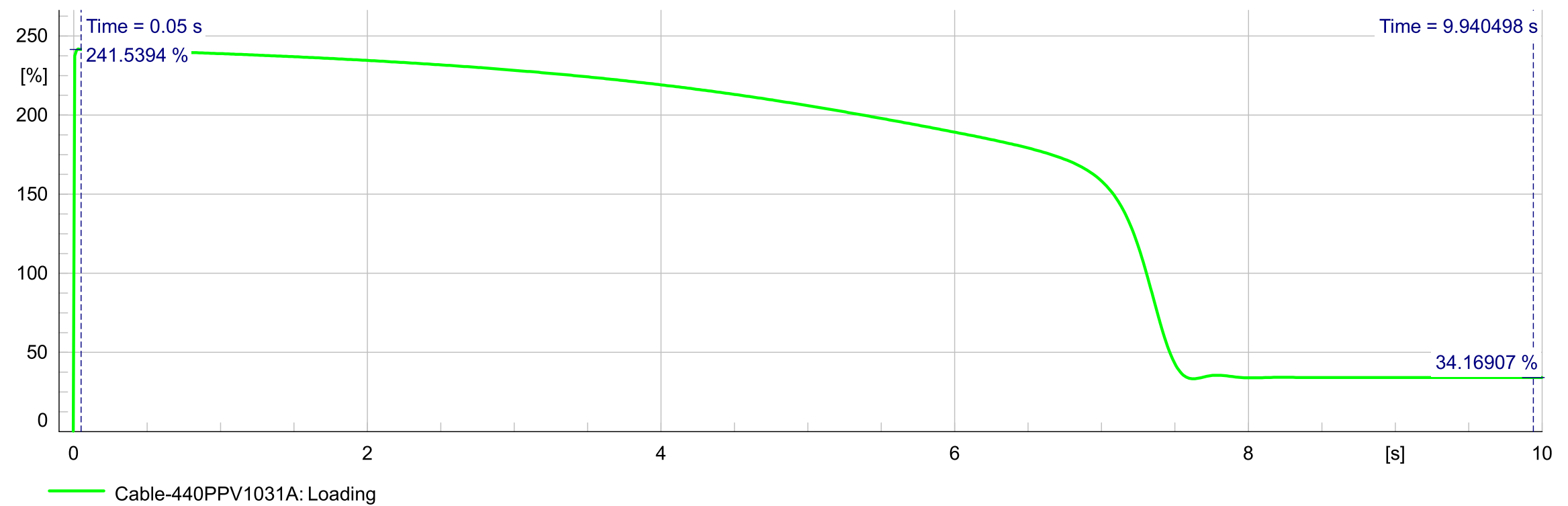
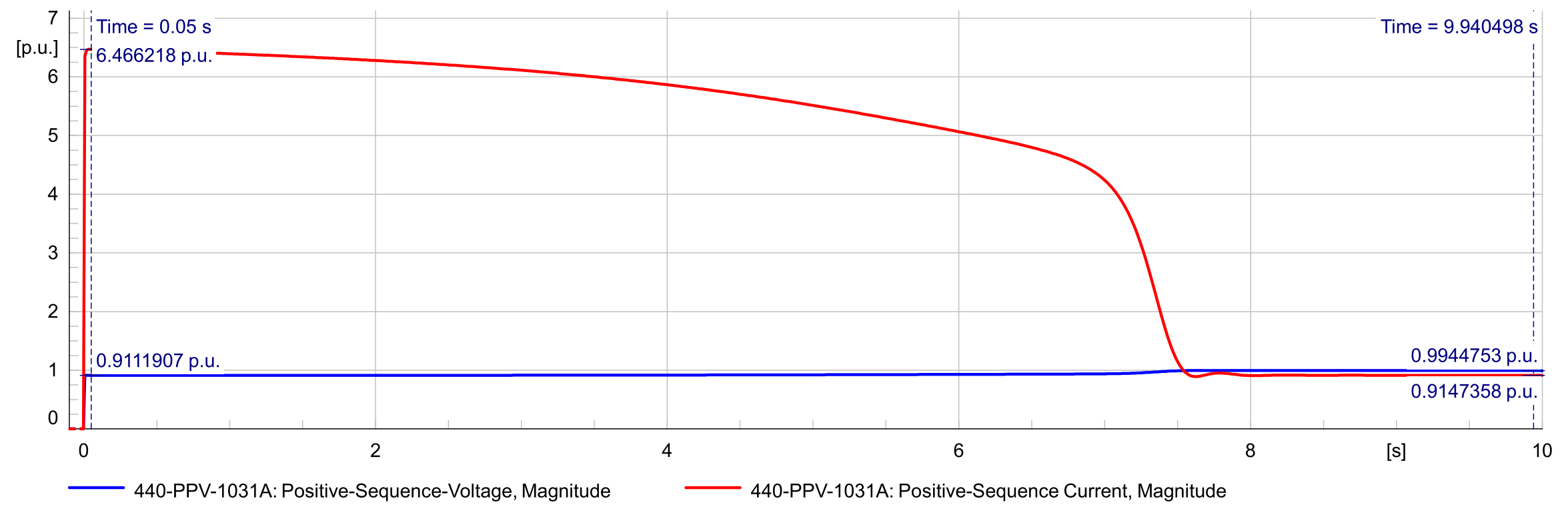
CASO 02



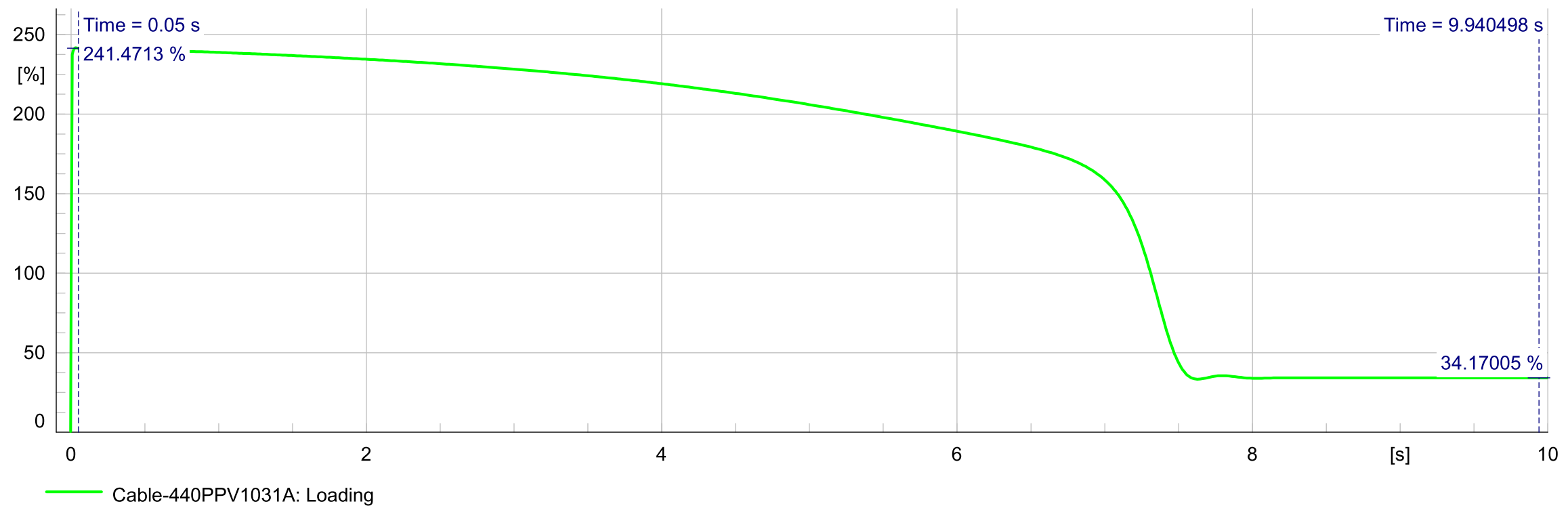
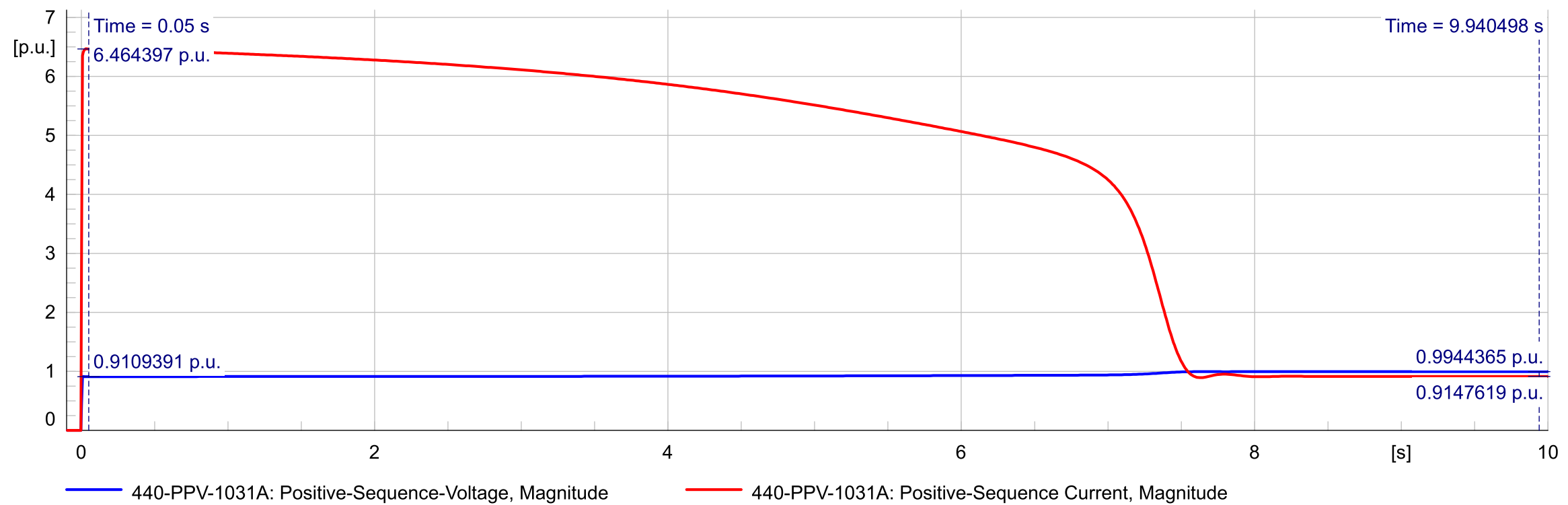
CASO 03

Anexo 11. Estudio de Arranque de motores - Curva de Corriente, Voltaje y Cargabilidad



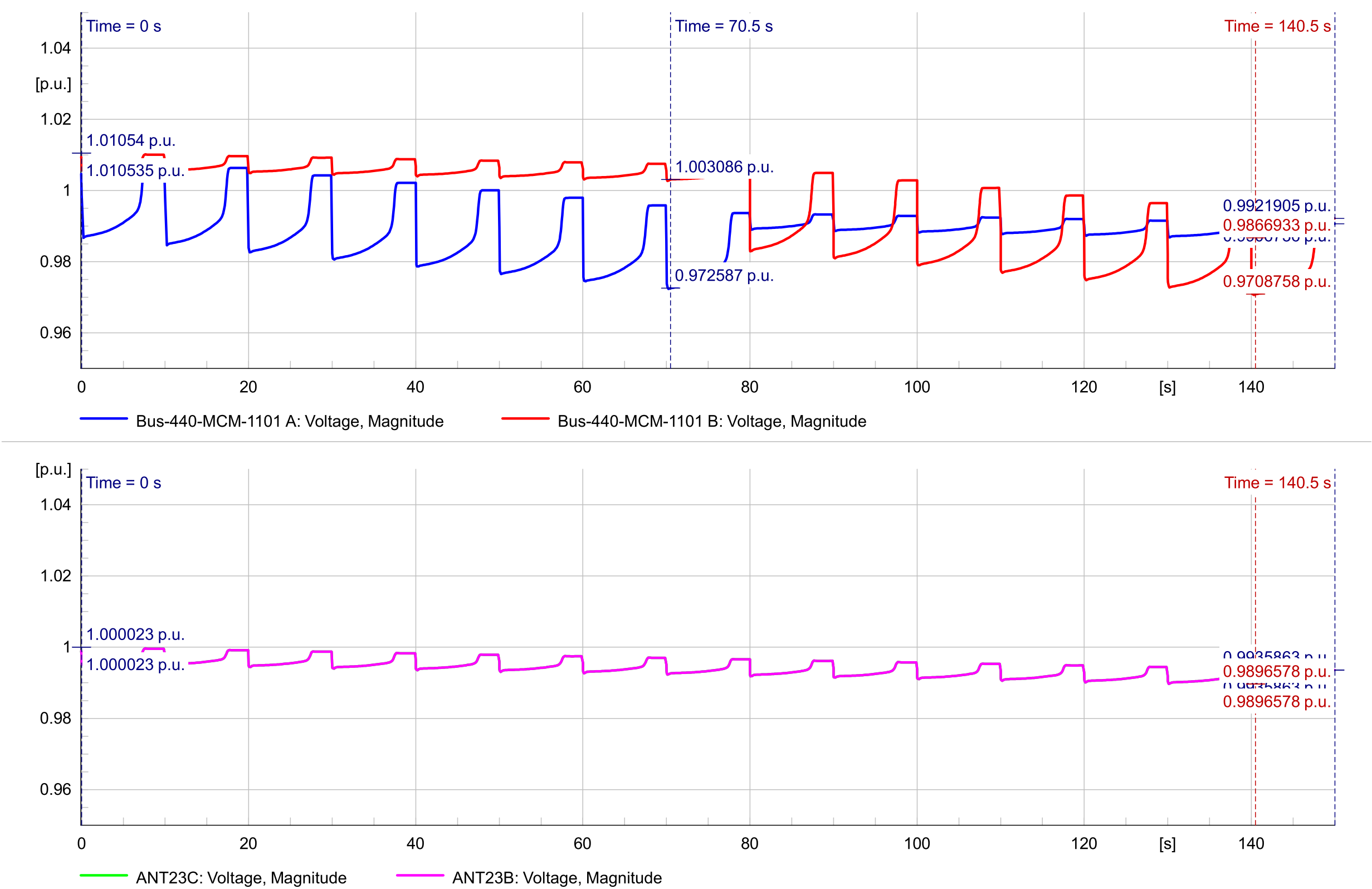


CASO 02

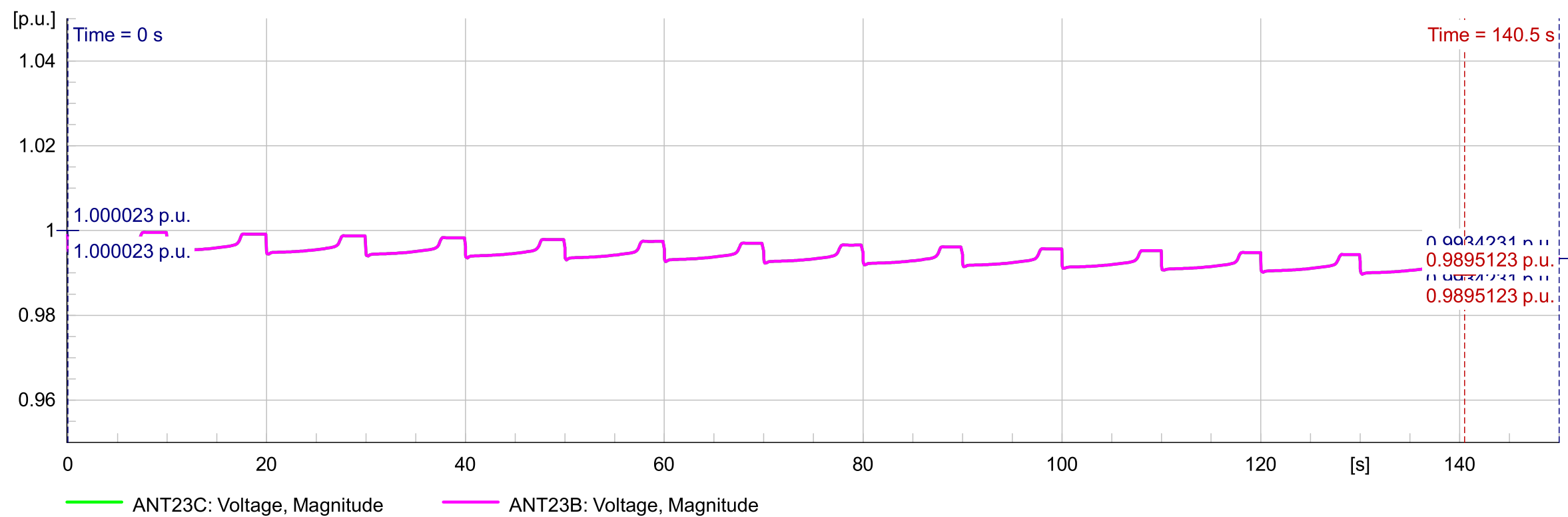
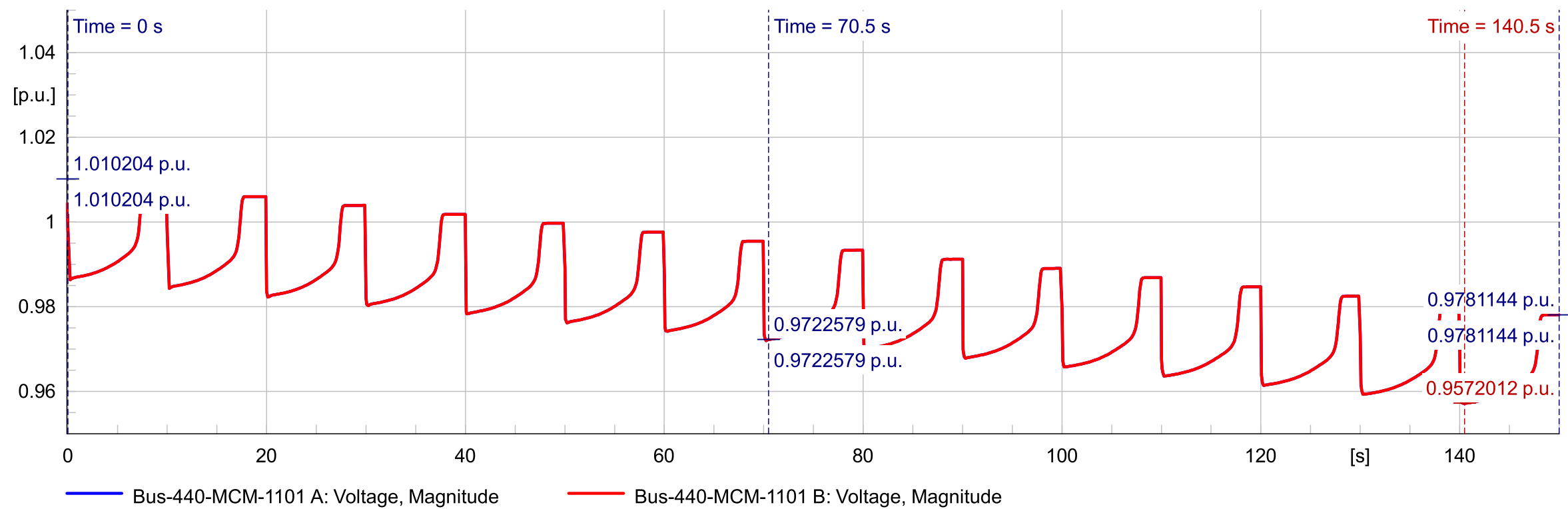


CASO 03

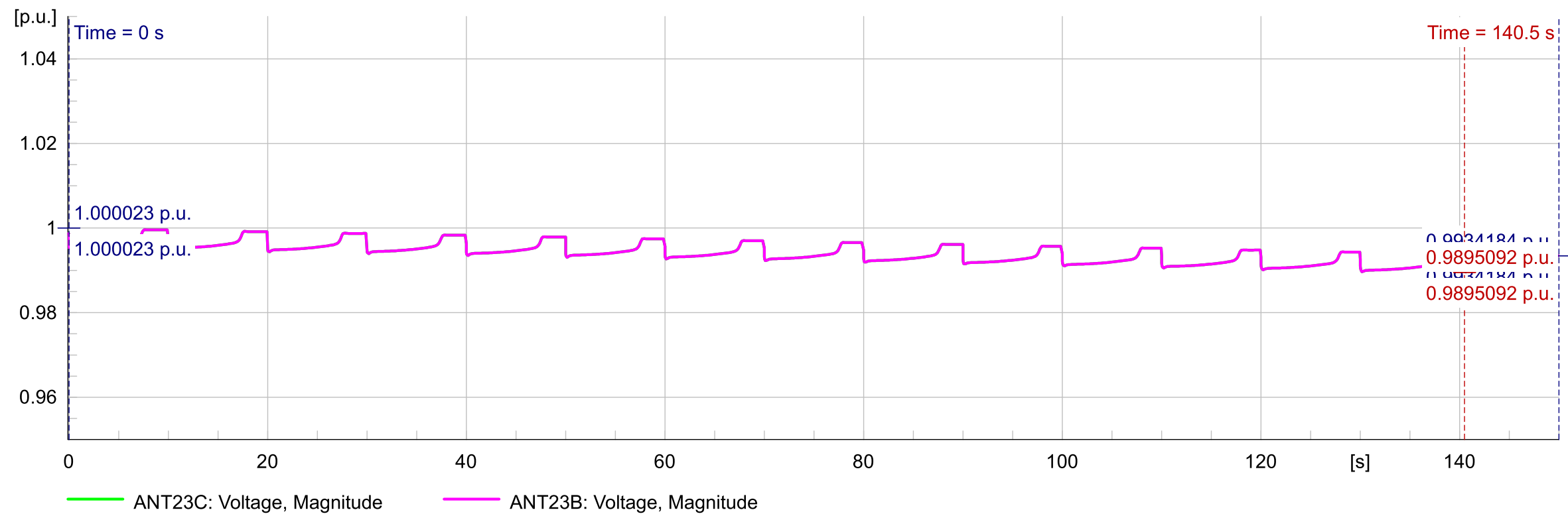
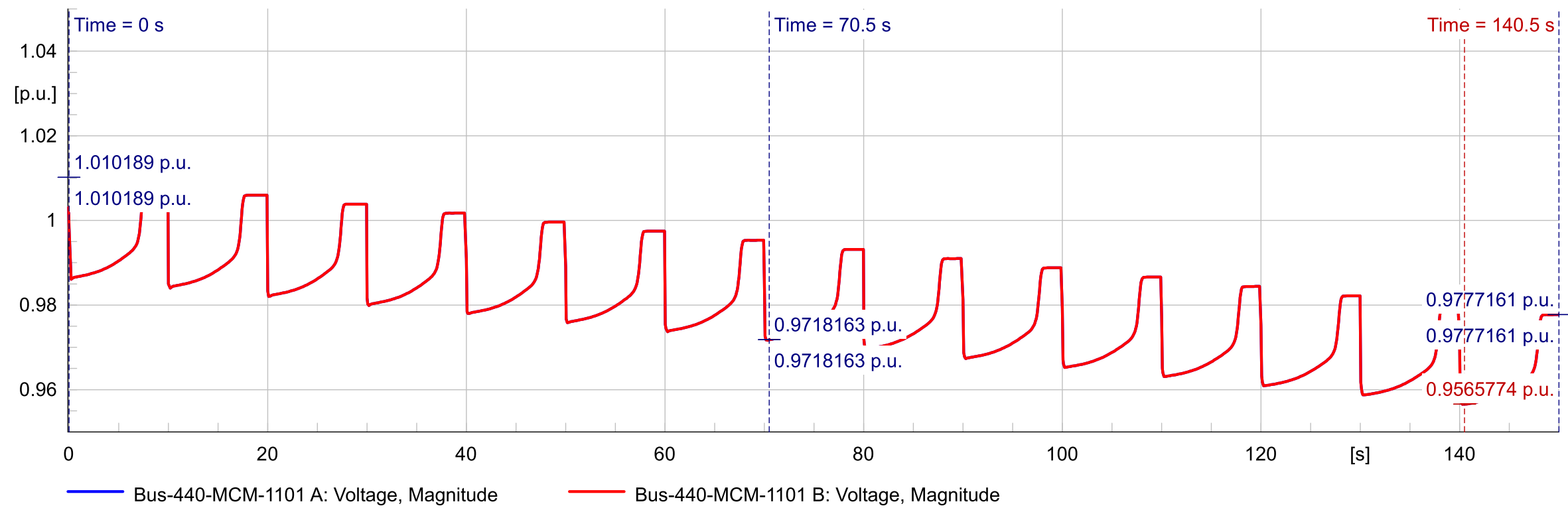
Anexo 12. Estudio de Arranque de motores - Curva de Voltaje en las barras 440-MCM-1101A, 440-MCM-1101B, ANT23BY ANT23C



CASO 01

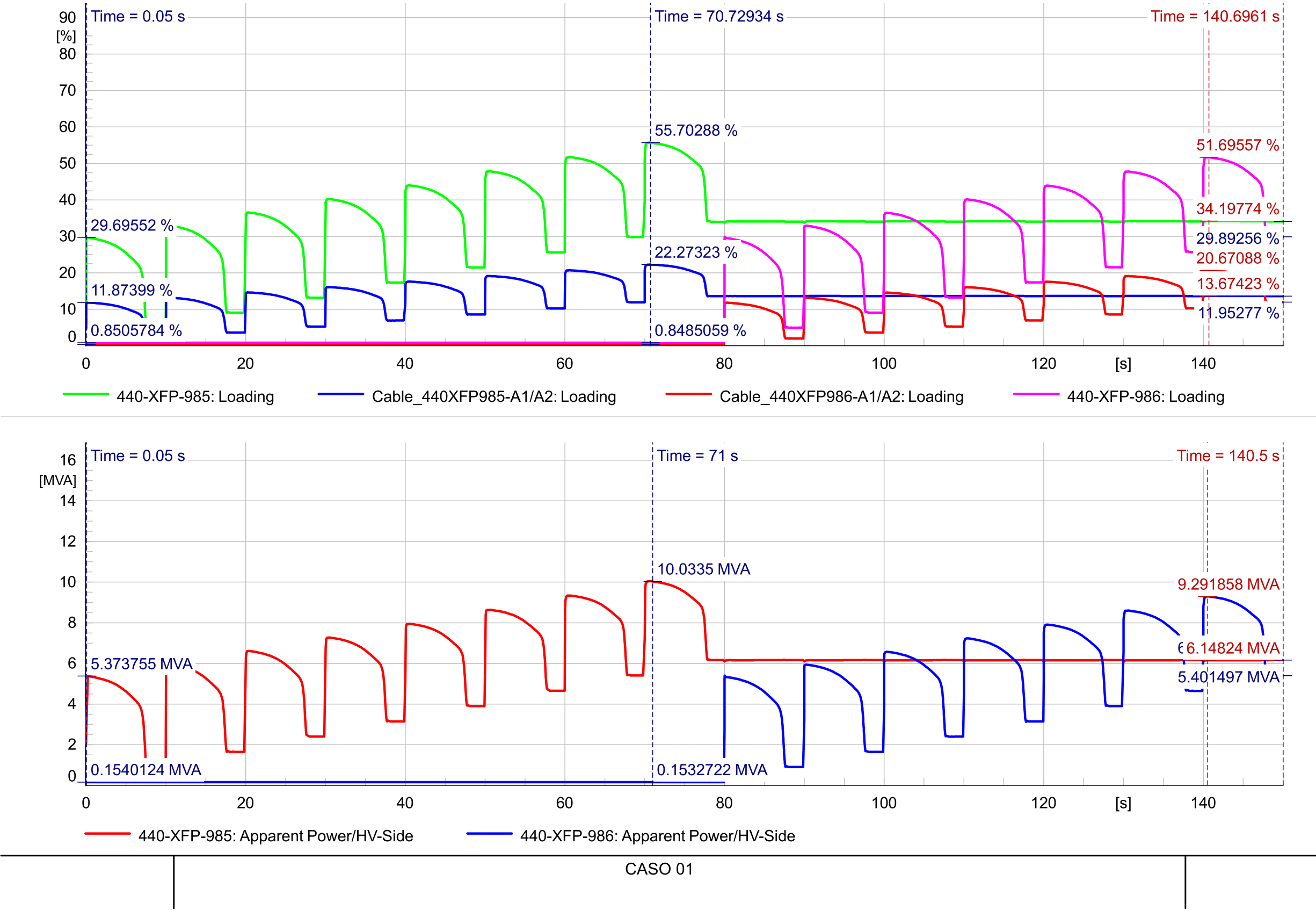


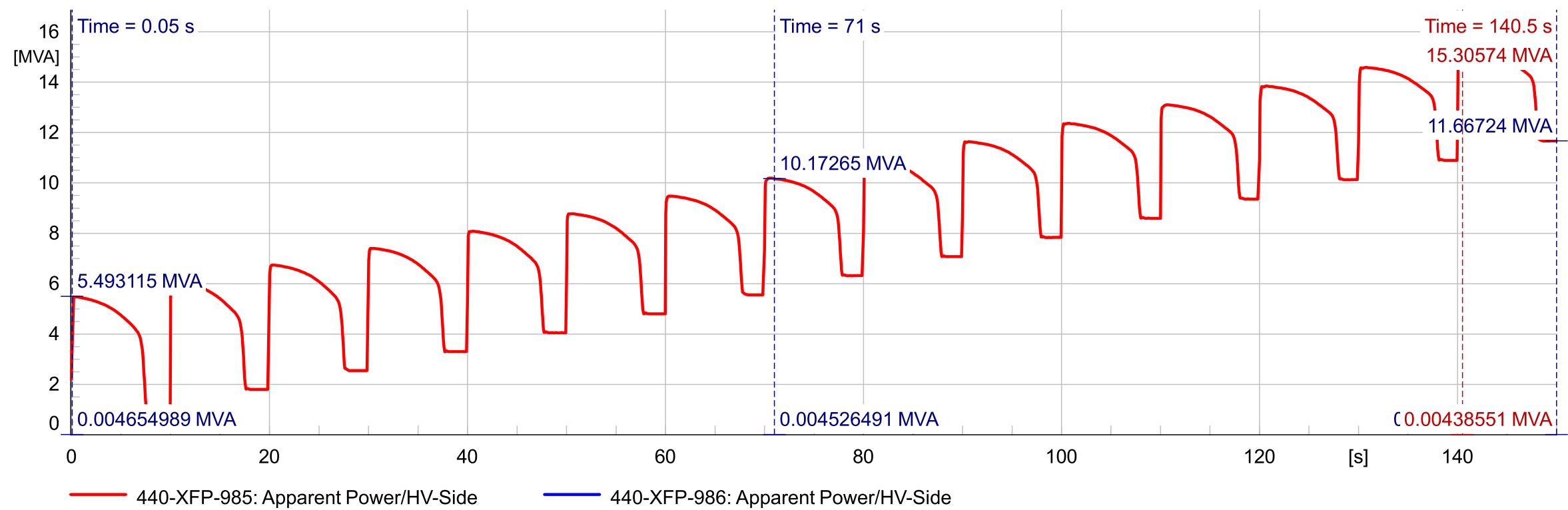
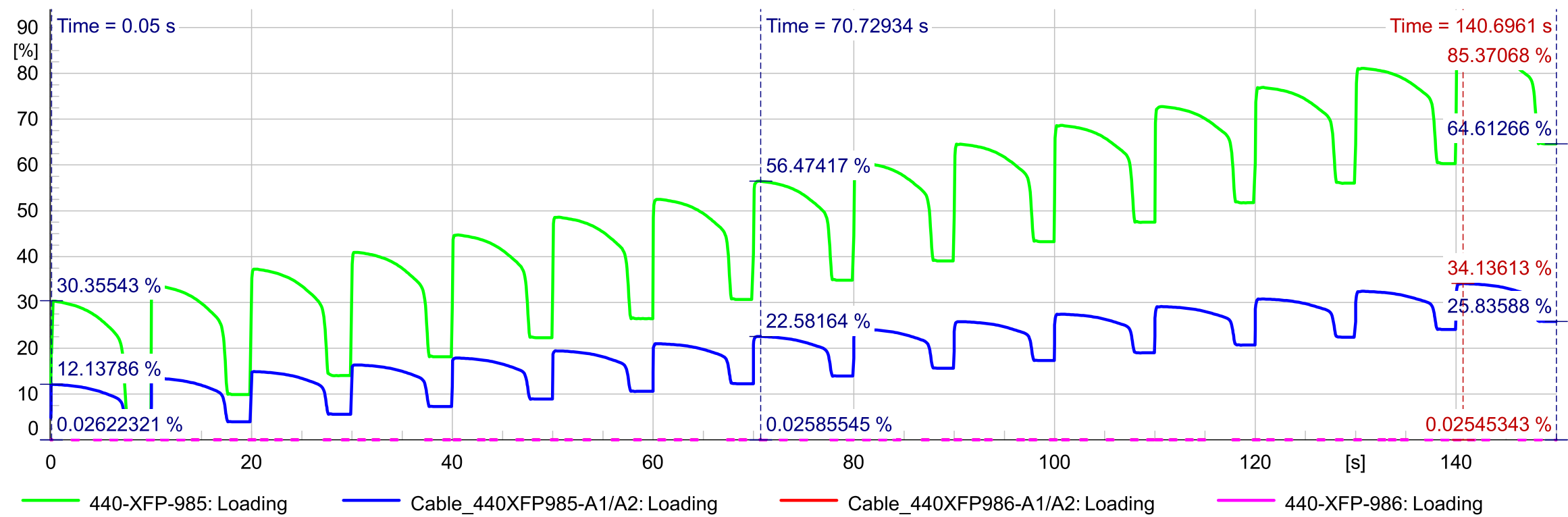
CASO 02



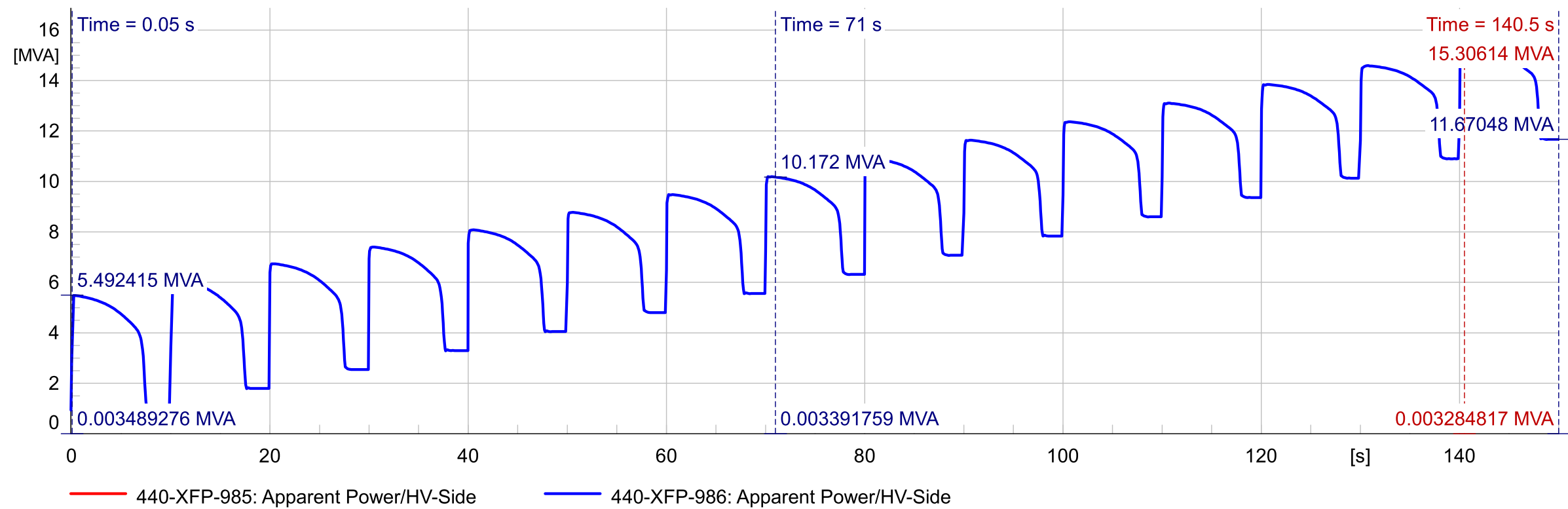
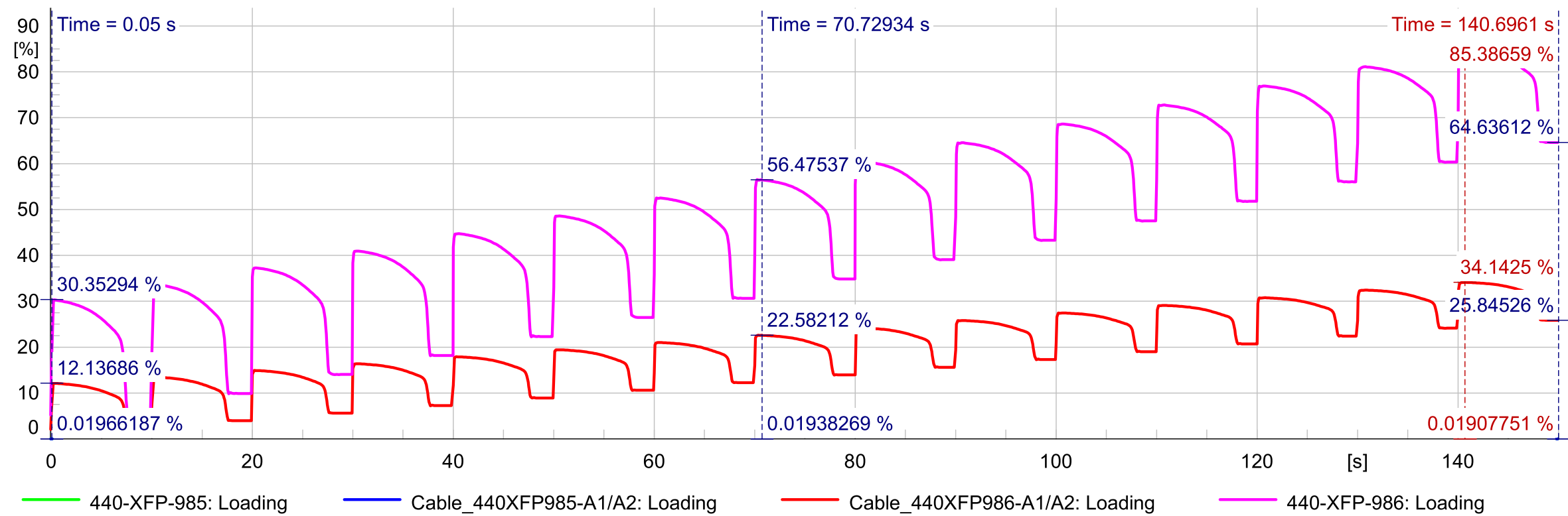
CASO 03

Anexo 13. Curvas de cargabilidad de transformadores 440-XFP-985 / 440-XFP-986 y cables que alimentan a los transformadores.



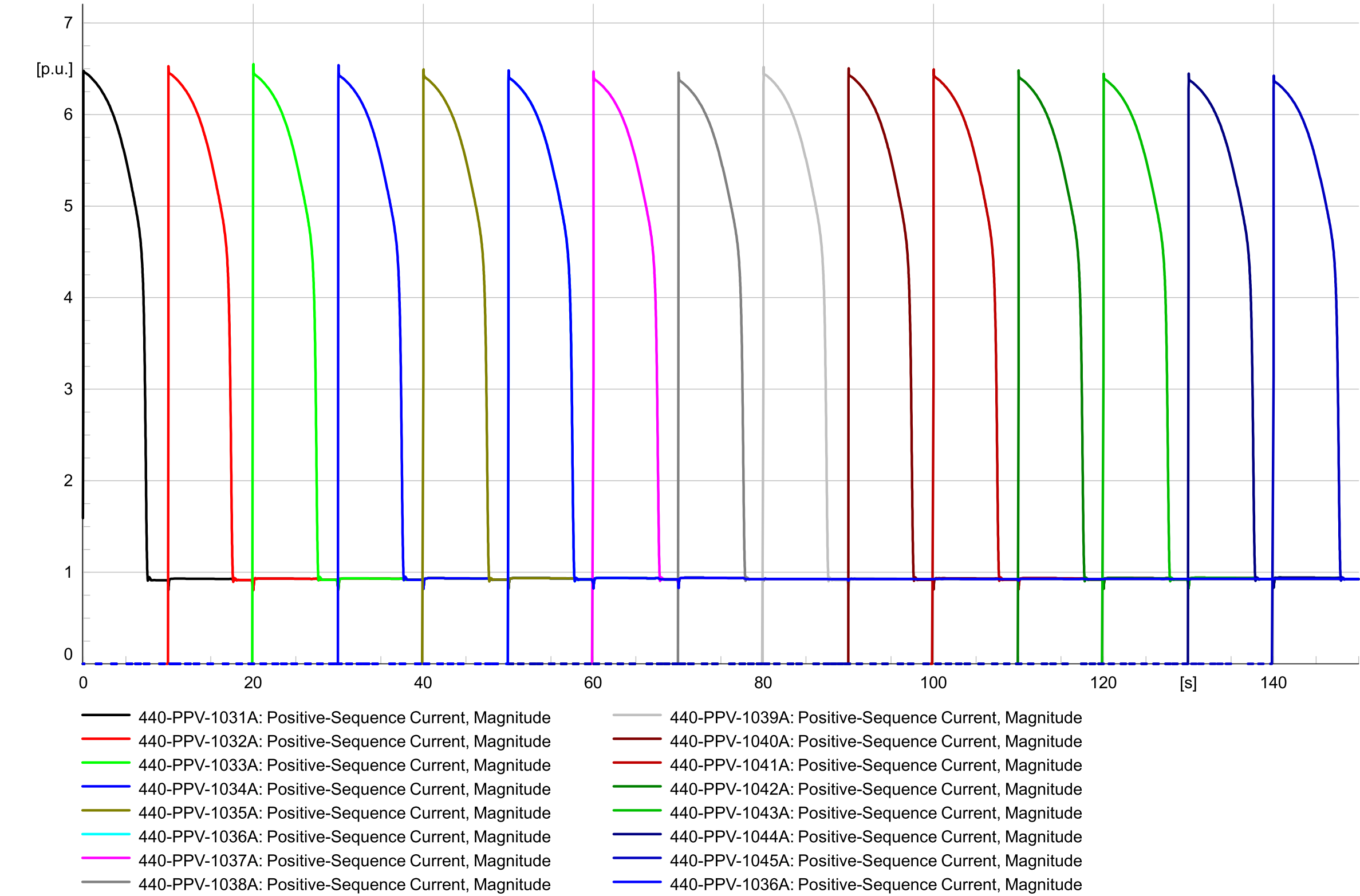


CASO 02

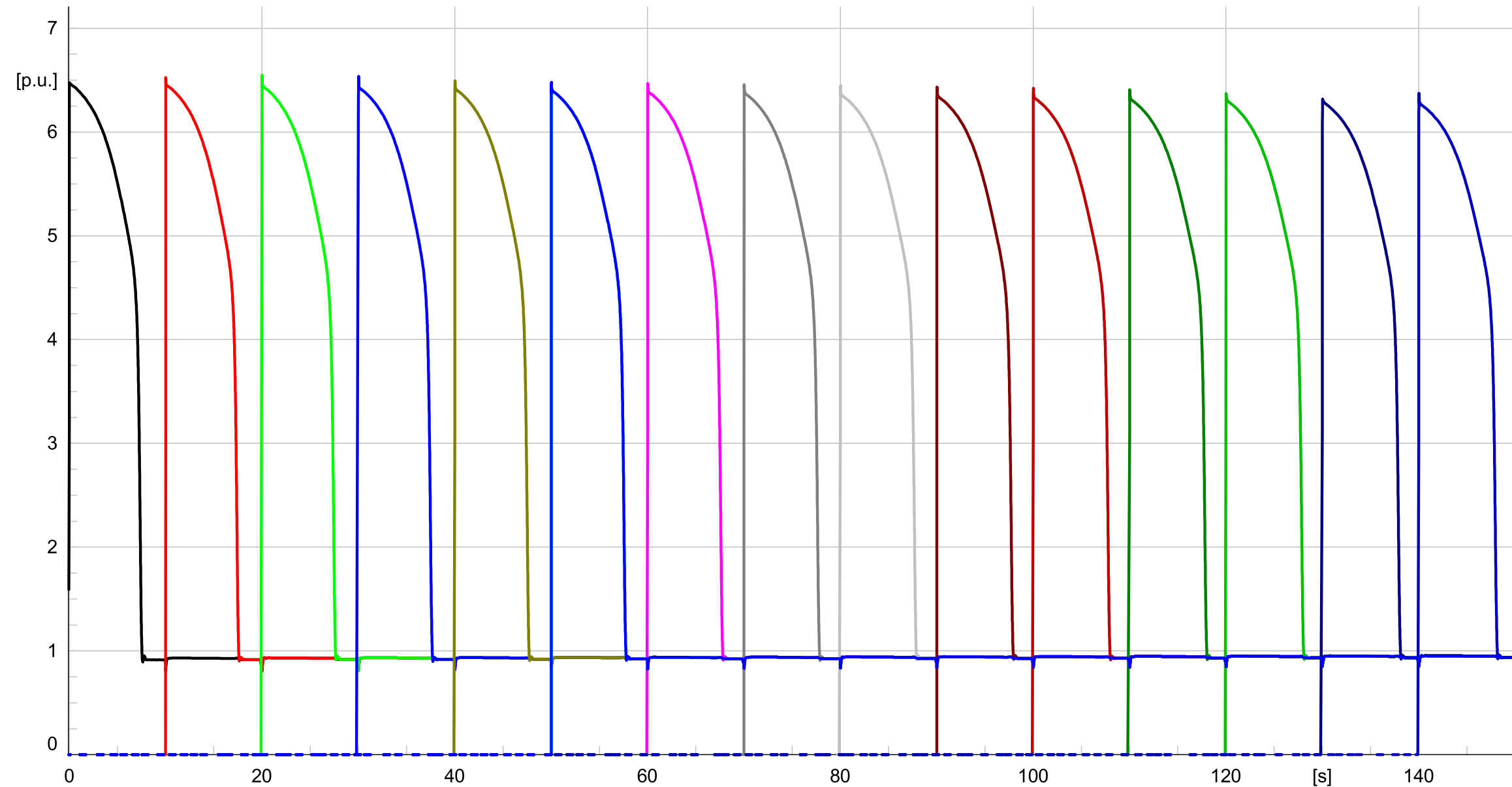


CASO 03

Anexo 14. Curvas de corriente de motores 440-PPV-1031A @ 440-PPV-1045A

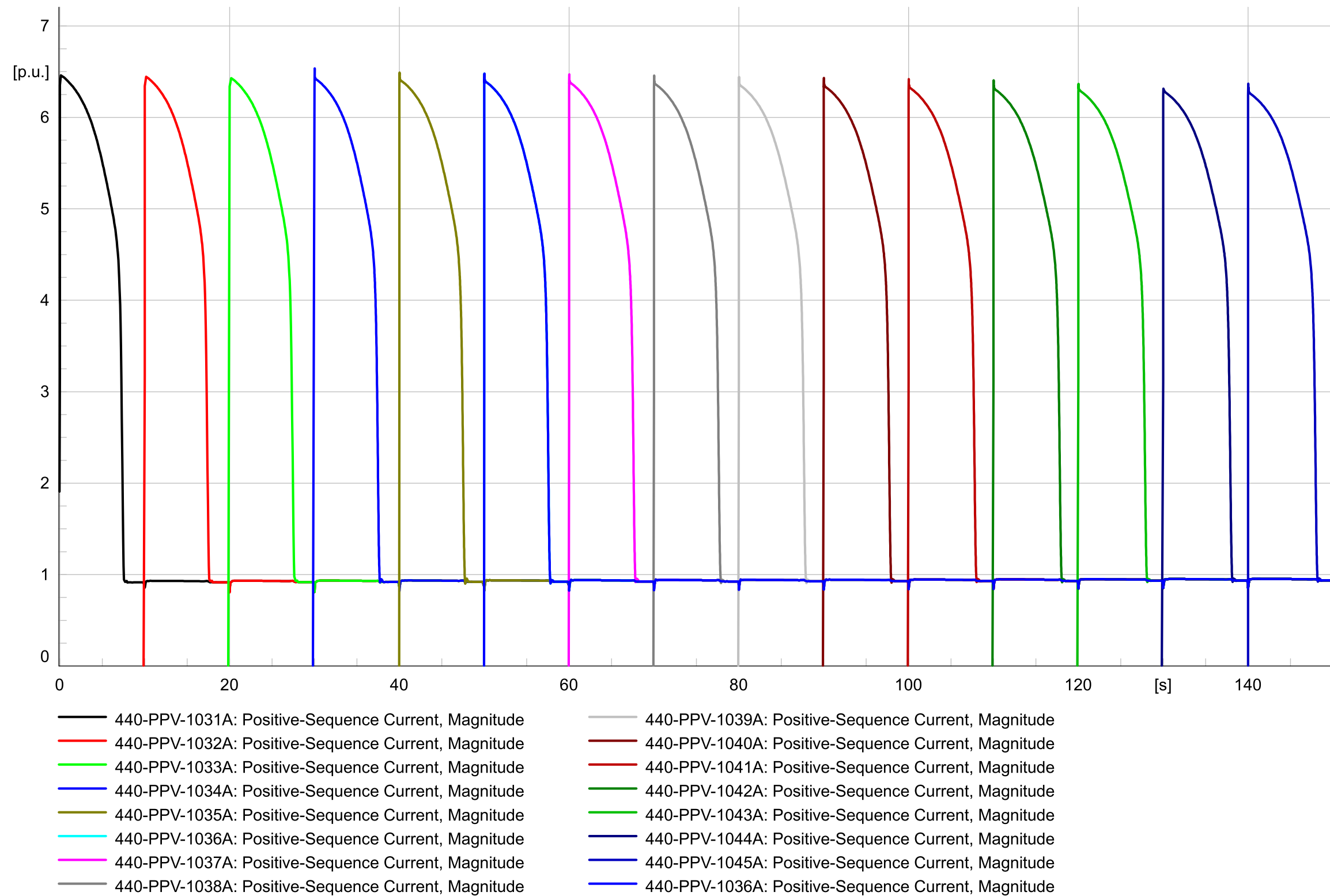


CASO 01



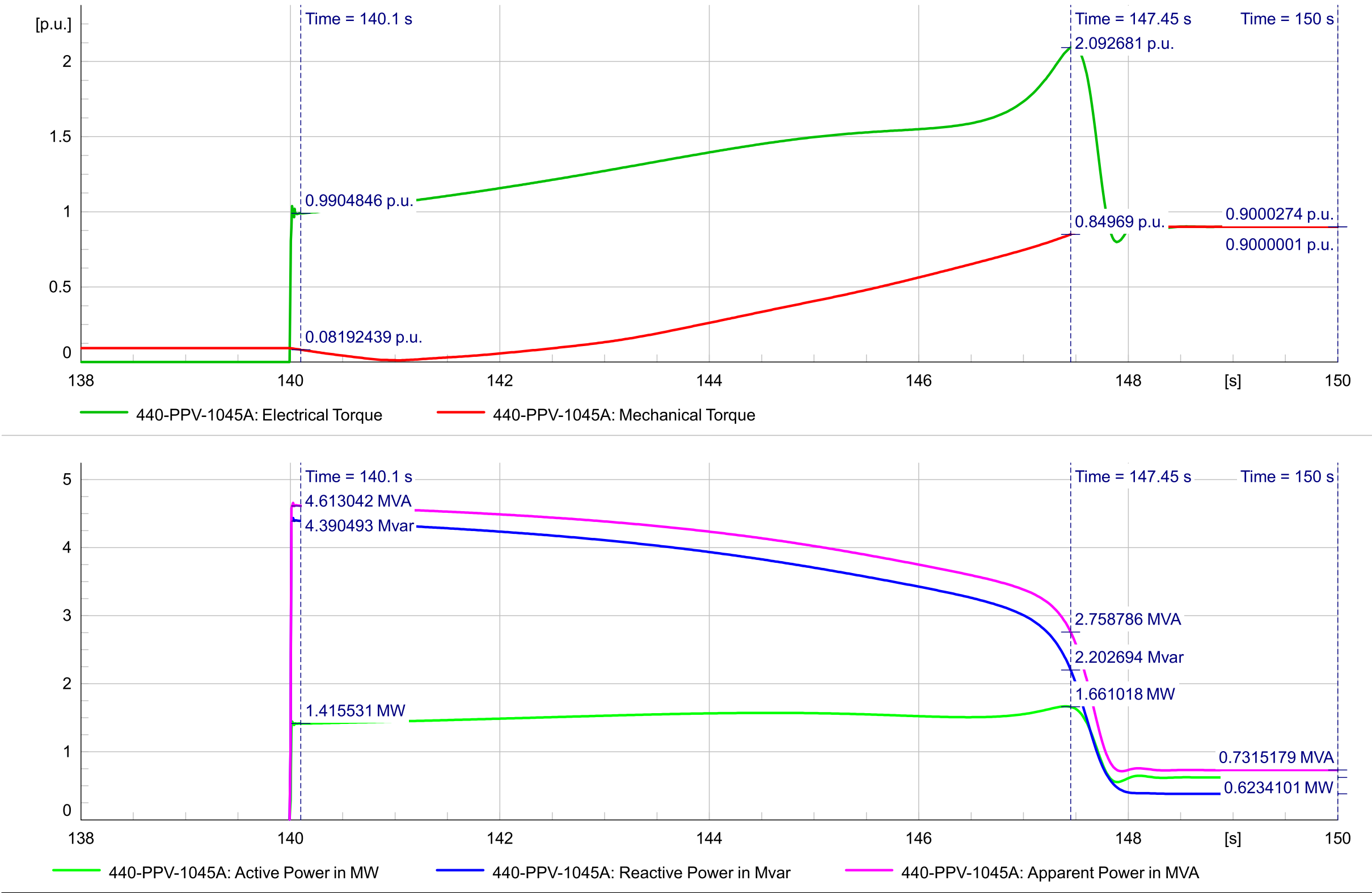
- | | |
|---|---|
| — 440-PPV-1031A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1039A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1032A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1040A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1033A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1041A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1034A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1042A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1035A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1043A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1036A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1044A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1037A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1045A: Positive-Sequence Current, Magnitude |
| — 440-PPV-1038A: Positive-Sequence Current, Magnitude | — 440-PPV-1036A: Positive-Sequence Current, Magnitude |

CASO 02

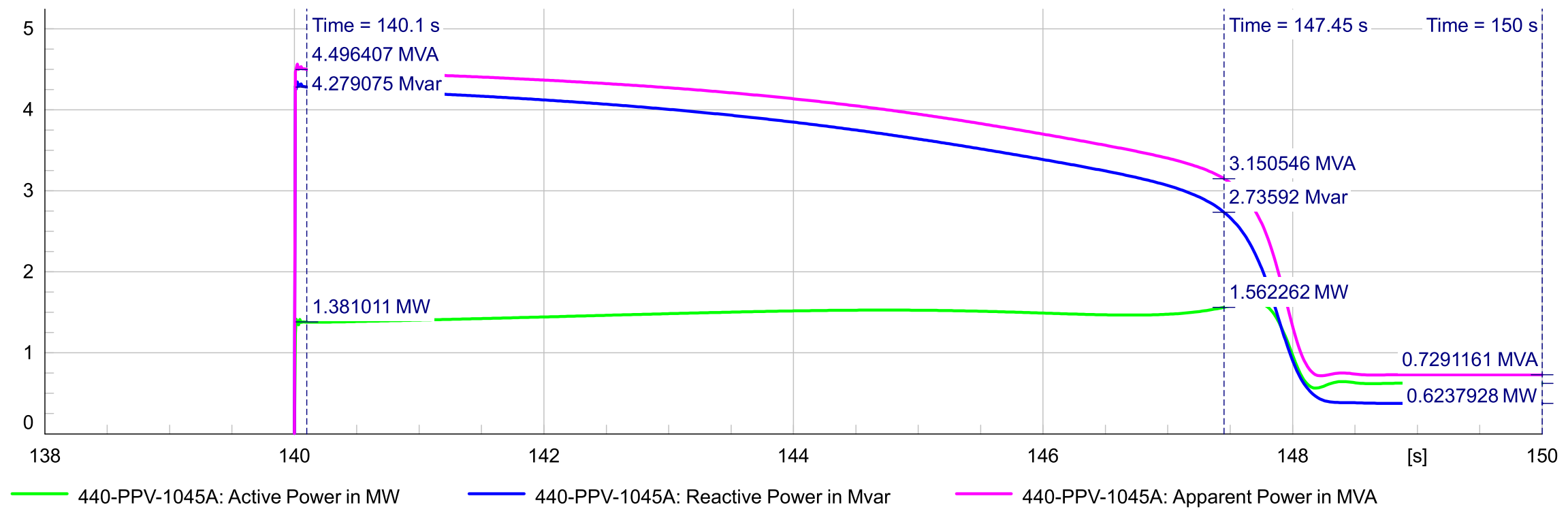
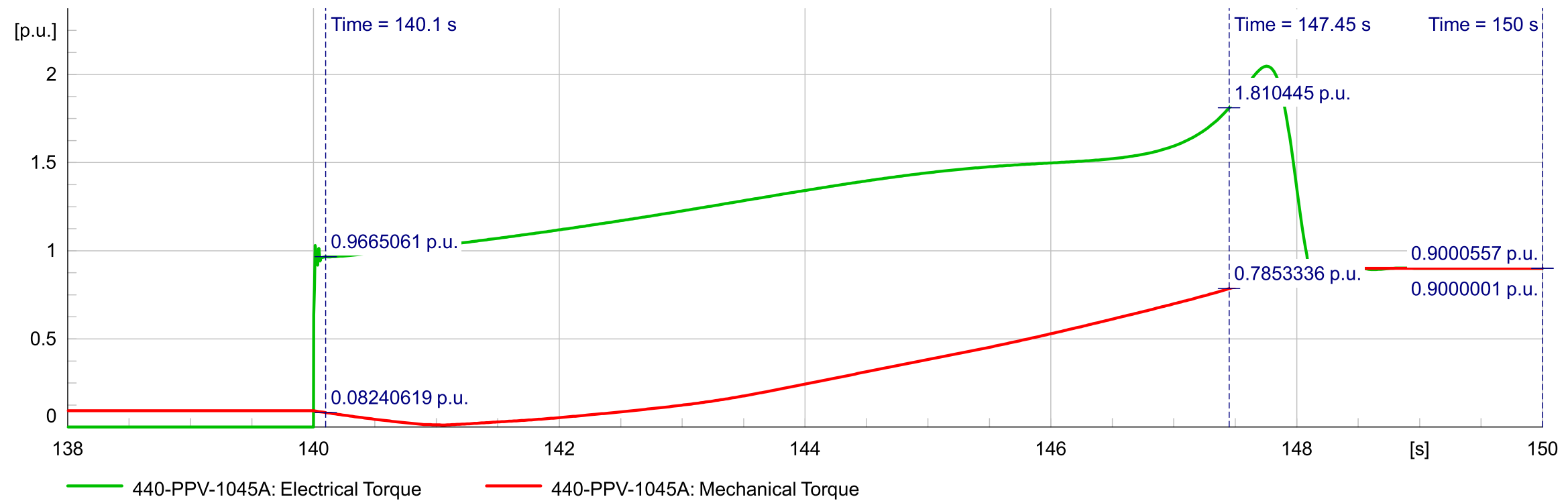


CASO 03

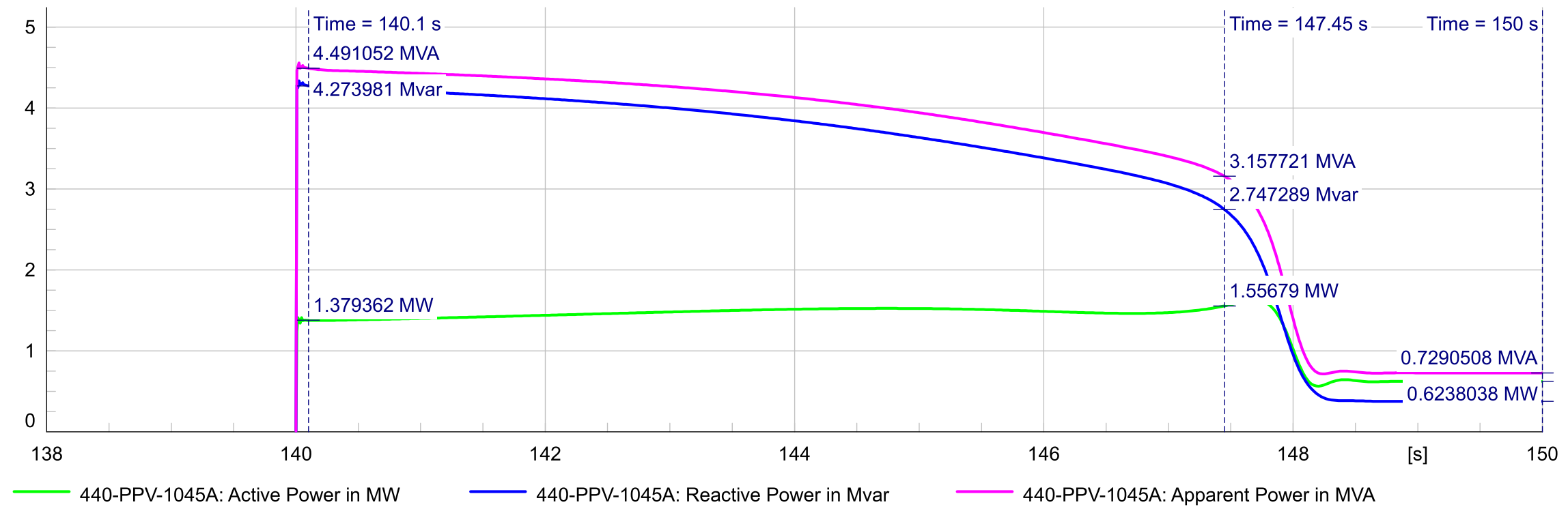
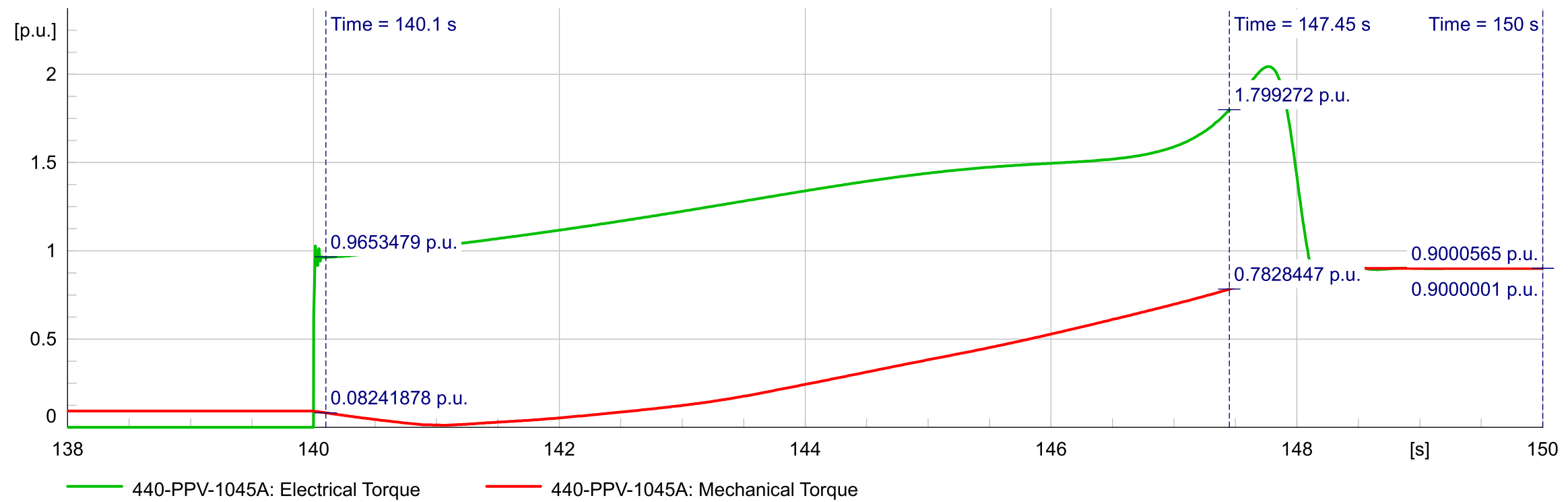
Anexo 15. Curvas de torques y potencia del ultimo arranque.



CASO 01

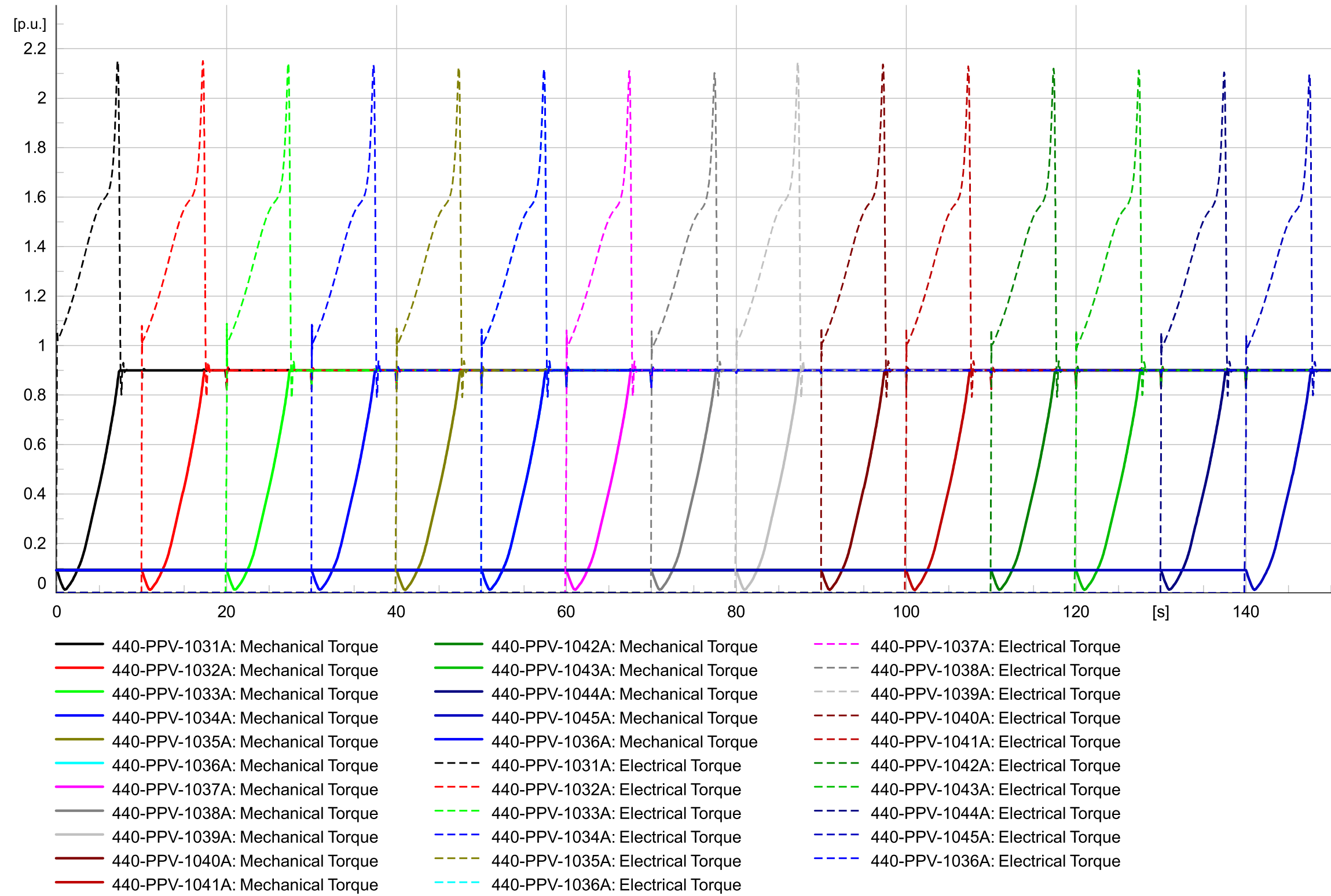


CASO 02

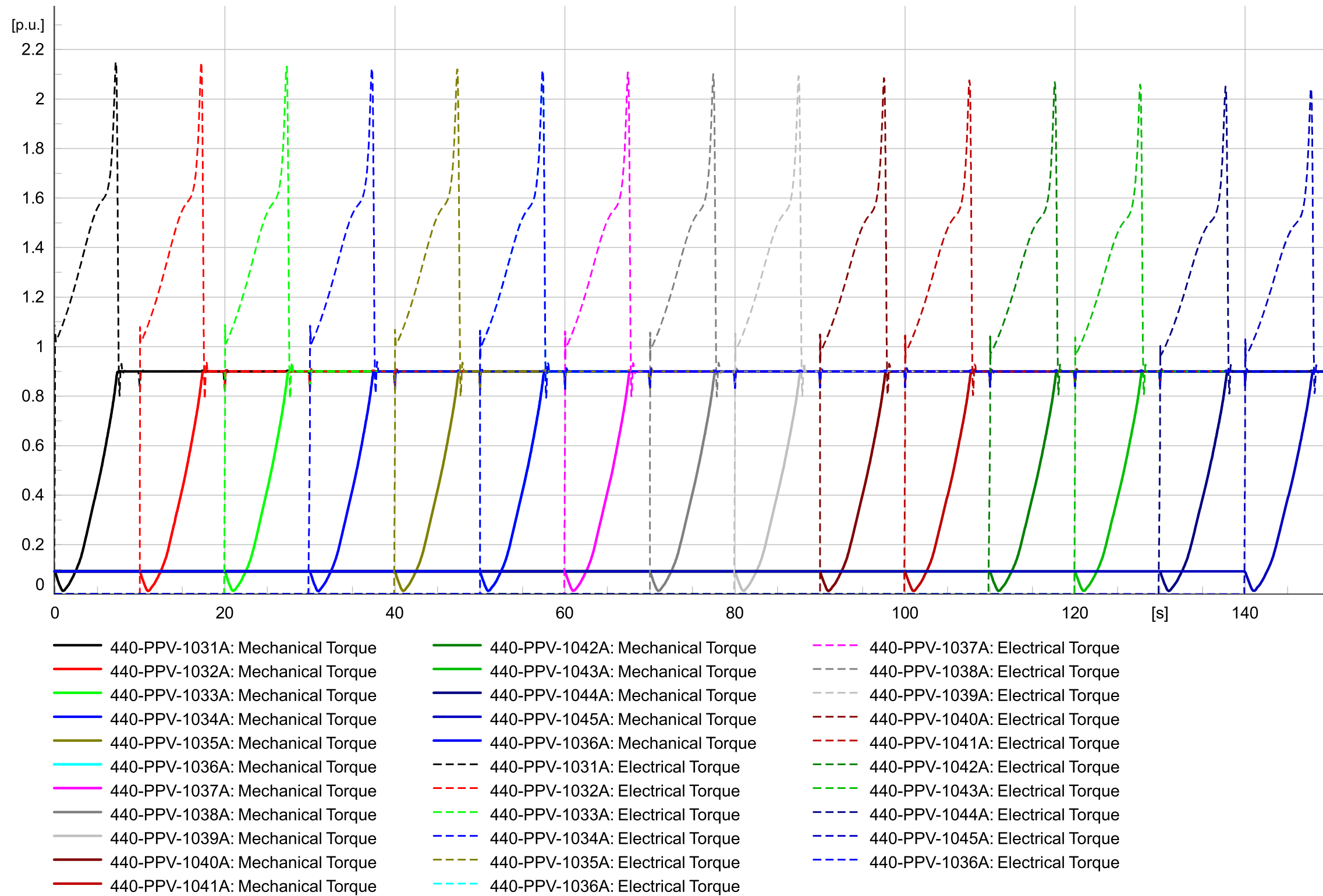


CASO 03

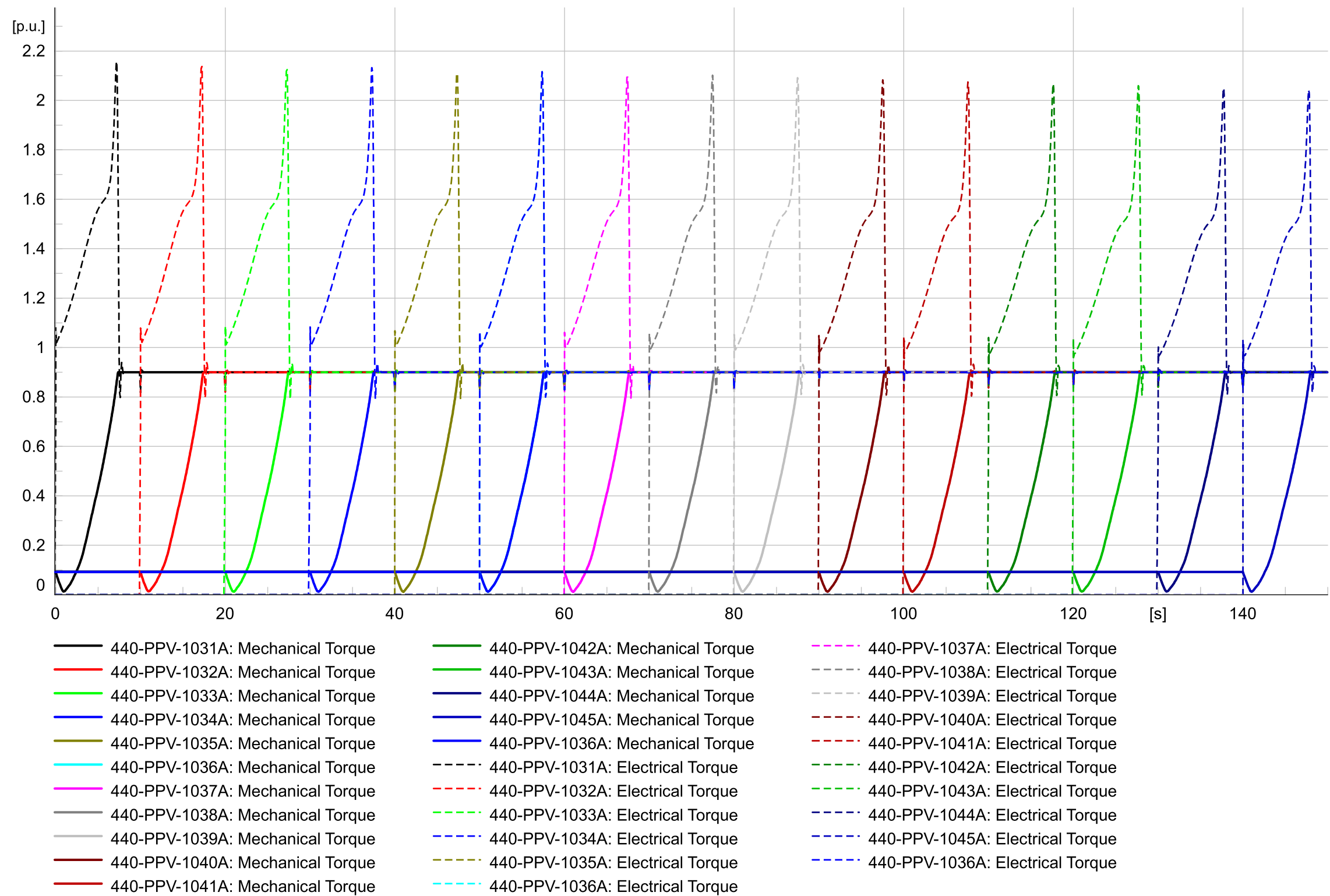
Anexo 16. Curvas de torque eléctrico y mecánico para cada motor.



CASO 01



CASO 02



CASO 03

Anexo 17. Data Sheet de Motor Eléctrico.

NIDEC MOTOR CORPORATION

8050 WEST FLORISSANT AVE.
ST. LOUIS, MO 63136



DATE: 9/27/2019

TO: TECNIFLOW SAC *
CARLOS COBILICH 104 - URB
JACARANDA II - SAN BORJA
LIMA, ZZ, 15021

ATTN: JOSE REYNA

P.O. NO.: TF7019000194

Order/Line NO.:	20191210	SO	100	Tag #:	440-PPV-1031M
CUSTOMER	20191211	SO	100	Tag #:	440-PPV-1032M / 1033M
TECNIFLOW	20191212	SO	100	Tag #:	440-PPV-1034M / 1035M
PROJECT	20191213	SO	100	Tag #:	440-PPV-1036M / 1037M
ANTAMINA	20191214	SO	100	Tag #:	440-PPV-1038M / 1039M
	20191215	SO	100	Tag #:	440-PPV-1040M / 1041M
	20191216	SO	100	Tag #:	440-PPV-1042M / 1043M
	20191217	SO	100	Tag #:	440-PPV-1044M / 1045M
	20191218	SO	100	Tag #:	440-PPV-1046M

Model Number: NA

Catalog Number:

Titan VSS-HT TEFC

CONF,MOTOR,TITAN VSS-HT TEFC

REVISIONS:

(NONE)

**ALL DOCUMENTS HEREIN ARE CONSIDERED CERTIFIED BY NIDEC MOTOR CORPORATION.
THANK YOU FOR YOUR ORDER AND THE OPPORTUNITY TO SERVE YOU.**

Features:

Horsepower 00900.00~00000.00 ~ KW: 671.4
Enclosure TEFC
Poles 04~00 ~ RPM: 1800~0
Frame Size 5812~VP
Phase/Frequency/Voltage.. 3~060~4160
Winding Type Form Wound
Service Factor 1.15
Insulation Class Class "F" ~ Insulife 5000/Abrasion Res.
Altitude In Feet (Max) .. 14000 Ft.
Ambient In Degree C (Max) +30 C
Efficiency Class Premium Efficiency
Application Vertical Centrifugal Pump
Customer Part Number
Base Diameter (Inches) 30.5
Non-Reverse Ratchet
Pricebook Thrust Value (lbs).. 9300
Customer Down Thrust (lbs) ... 25403
Customer Shutoff Thrust (lbs). 26977
Up Thrust (lbs)
Max Shaft Runout = 0.0015 TIR
"AK" Dimension (Inches).. 22.000
Shaft Dimensions:~U=3.875 ~ AH/V=7.500
KEYWAY=1.000 ~ ES=5.500
Temperature Rise (Sine Wave): "F" Rise @ SF (Resist)
Starting Method Direct-On-Line Start
Duty Cycle Continuous Duty
Efficiency Value 95.8 % ~ Guaranteed
Sound Level (dBa)..... 86 dBa @ 1M Sound Pressure
Inrush Limit 710 %
Load Inertia: NEMA ~ Standard Inertia: 3108 LB-FT²
Number Of Starts Per Hour: NEMA
Motor Type Code JVCE4
Rotor Inertia (LB-FT²) 610. LB-FT²
Qty. of Bearings PE (Shaft) 1
Qty. of Bearings SE (OPP) 1
Bearing Number PE (Shaft) 150BC02J3
Bearing Number SE (OPP) 140TS93J

Nidec trademarks followed by the ® symbol are registered with the U.S. Patent and Trademark Office.

NIDEC MOTOR CORPORATION

8050 WEST FLORISSANT AVE.
ST. LOUIS, MO 63136



DATE: 9/27/2019

TO: TECNIFLOW SAC *
CARLOS COBILICH 104 - URB
JACARANDA II - SAN BORJA
LIMA, ZZ, 15021
ATTN: JOSE REYNA

P.O. NO.: TF7019000194
Order/Line NO.: 20191210 SO 100
CUSTOMER TECNIFLOW
PROJECT

Model Number: NA
Catalog Number:
Titan VSS-HT TEFC
CONF, MOTOR, TITAN VSS-HT TEFC

REVISIONS:
(NONE)

**ALL DOCUMENTS HEREIN ARE CONSIDERED CERTIFIED BY NIDEC MOTOR CORPORATION.
THANK YOU FOR YOUR ORDER AND THE OPPORTUNITY TO SERVE YOU.**

Accessories:

Inpro Seal-Pulley End (Lower)
Brass Drain - Lower Bracket
Corro-Duty
CCW Rot. FODE w/Rotation Arrow
300 %EHT-See Min.Thrust Requiremt.
Ground Lug In Conduit Box
Grounding Pad On Frame
Insul. Bearing - Upper Bracket
230 Volt Space Heaters
Special Balance
Synthetic Lubrication
Special Features Plate
Special Paint or Primer
AFBMA Number on Main Nameplate
Brg RTD 100 Ohm Prec w/ 
Both Bearings
Q-6 RTD 100 Ohm 2/Phase W/ Q-3 
Rotor Epoxy Paint
Conduit Box Information: ~ NEMA 4X, Epoxy Coat, Size 6.0S
Conduit Opening Size (AA) .. 3.5" NPT
1 Conduit Opening ~ Bottom Of Conduit Box
Accommodate Stress Cones
Copper Bus Bar
Lightning Arrestors
Surge Capacitors
Special Paint/Primer Info:
Special Paint? Tnemec, World Motor Gray Epoxy
Manufacturer TNE MEC
Manufacturer's Part Number . F066-A9428
Color WRLD MTR GRAY EPOXY
Application Thickness USEM Standard (2-4 Mils)
Special Primer?
Manufacturer
Manufacturer's Part Number .
Color
Application Thickness
Special Features Plate Info:
TAG #
440-PPV-1031M
Robertshaw 366A8 Vib. Switch
Q-1 Upper/Short End Bracket
Std. Mounting Position
Q-1 Lower/Pulley End Bracket
Std. Mounting Position
Q-1 Accessory Outlet Box ~ Same Side As Main O/B
1" NPT Conduit Opening
One Box with Terminal Board
Pre-Wire One Accessory Box
Special Features Plate Info:

96.2 FL EFF @
14000 FASL
Test Requirements:
Complete Test - Witnessed
Vibration Test-Unwit. (IPS)
Polarization Index - Unwit

USE THE DATA PROVIDED BELOW TO SELECT THE APPROPRIATE DIMENSION PRINT

Horsepower	900
Pole(s)	04
Voltage(s)	4160
Frame Size	5812VP
Shaft U Diameter	3.875
Outlet Box AF	18.81
Outlet Box AA	3.5
Accessory Outlet Box DM	1

Nidec trademarks followed by the ® symbol are registered with the U.S. Patent and Trademark Office.

NAMEPLATE DATA

CATALOG NUMBER:		NAMEPLATE PART #: 422705-006	
MODEL	FR 5812VP	TYPE JVCE4	ENCL TEFC
SHAFT END BRG 150BC02J3 - QTY 1		OPP END BRG 140TS93J - QTY 1	
PH 3	MAX AMB 30 C	ID# (ref: Order#: 20191210, Type: SO, Line#: 100)	
INSUL CLASS F	Asm. Pos.	DUTY CONT	
HP 900	RPM 1790	HP	RPM
VOLTS 4160	VOLTS		
FL AMPS 112.0	FL AMPS		
SF AMPS 129.0	SF AMPS		
SF 1.15	DESIGN #	CODE H	
NEMA NOM EFFICIENCY 96.5	NOM PF 85.9	KiloWatt 671.40	
GUARANTEED EFFICIENCY 95.8	MAX KVAR 186.8	HZ 60	

HAZARDOUS LOCATION DATA (IF APPLICABLE):

DIVISION	CLASS I	GROUP I
TEMP CODE	CLASS II	GROUP II

VFD DATA (IF APPLICABLE):

VOLTS	
AMPS	
TORQUE 1	
VFD LOAD TYPE 1	
VFD HERTZ RANGE 1	
VFD SPEED RANGE 1	
SERVICE FACTOR	
NO. POLES 4	
VECTOR MAX RPM	
Radians / Seconds	



TORQUE 2	
VFD LOAD TYPE 2	
VFD HERTZ RANGE 2	
VFD SPEED RANGE 2	
FL SLIP	
MAGNETIZING AMPS 30.5	
Encoder PPR	
Encoder Volts	

TEAO DATA (IF APPLICABLE):

HP (AIR OVER)	HP (AIR OVER M/S)	RPM (AIR OVER)	RPM (AIR OVER M/S)
FPM AIR VELOCITY	FPM AIR VELOCITY M/S	FPM AIR VELOCITY SEC	

ADDITIONAL NAMEPLATE DATA:			
Decal / Plate	WD=499495	Customer PN	
Notes		Non Rev Ratchet	NRR
Max Temp Rise		OPP/Upper Oil Cap	41 QT/38.8 L
Thermal (WDG)	OVER TEMP PROT 2	SHAFT/Lower Oil Cap	4 QT/3.8 L
Altitude	14000 FASL	Usable At	
Regulatory Notes		Regulatory Compliance	
COS		Marine Duty	
Balance	0.08 IN/SEC	Arctic Duty	
3/4 Load Eff.	96.7	Inrush Limit	710% LRA/FLA
Motor Weight (LBS)	10140	Direction of Rotation	
Sound Level	86 DBA @ 1M	Special Note 1	TAG # 440-PPV-1031M
Vertical Thrust (LBS)	25403	Special Note 2	440-PPV-1032M / 1033M
Thrust Percentage	300% EHT	Special Note 3	440-PPV-1034M / 1035M
Bearing Life		Special Note 4	440-PPV-1036M / 1037M
Starting Method		Special Note 5	440-PPV-1038M / 1039M
Number of Starts		Special Note 6	440-PPV-1040M / 1041M
200/208V 60Hz Max Amps		Special Note 7	440-PPV-1042M / 1043M
190V 50 hz Max Amps		Special Note 8	440-PPV-1044M / 1045M
380V 50 Hz Max Amps		Special Note 9	440-PPV-1046M
NEMA Inertia		Special Note 10	
Sumpheater Voltage		Special Note 11	96.2 FL EFF @
Special Accessory Note 1	BEARING SET POINTS	Special Note 12	14000 FASL
Special Accessory Note 2	ALARM= 120C	SH Max. Temp.	
Special Accessory Note 3	SHUTDOWN= 130C	SH Voltage	SH VOLTS=230V
Special Accessory Note 4		SH Watts	SH WATTS=384W
Special Accessory Note 5		Load Inertia	
Special Accessory Note 6		Sumpheater Wattage	
Special Accessory Note 7		Special Accessory Note 16	AFFIX N/P 915592
Special Accessory Note 8		Special Accessory Note 17	
Special Accessory Note 9		Special Accessory Note 18	WINDING SET POINTS
Special Accessory Note 10		Special Accessory Note 19	ALARM= 160C
Special Accessory Note 11		Special Accessory Note 20	SHUTDOWN= 165C
Special Accessory Note 12		Special Accessory Note 21	AFFIX N/P 839471
Special Accessory Note 13		Special Accessory Note 22	
Special Accessory Note 14		Special Accessory Note 23	
Special Accessory Note 15			
Heater in C/B Voltage		Heater in C/B Watts	
Zone 2 Group		Division 2 Service Factor	
Note 1		Note 2	
Note 3			

NIDEC MOTOR CORPORATION
ST. LOUIS, MO



TYPICAL NAMEPLATE DATA
ACTUAL MOTOR NAMEPLATE LAYOUT MAY VARY
SOME FIELDS MAY BE OMITTED

Nidec trademarks followed by the ® symbol are registered with the U.S. Patent and Trademark Office.

MOTOR PERFORMANCE

MODEL NO.	CATALOG NO.	PHASE	TYPE	FRAME	
NA	NA	3	JVCE4	5812VP	
ORDER NO.		20191210		LINE NO.	100
MPI:					271097
HP:					900
POLES:					4
VOLTS:					4160
HZ:					60
SERVICE FACTOR:					1.15
EFFICIENCY (%):					
					96.5
S.F.					96.5
FULL					96.5
3/4					96.7
1/2					96.2
1/4					93.6
POWER FACTOR (%):					
					86.1
S.F.					86.1
FULL					85.9
3/4					84.1
1/2					78.4
1/4					60.1
NO LOAD					4.4
LOCKED ROTOR					20.6
AMPS:					
					129
S.F.					129
FULL					112
3/4					86
1/2					62
1/4					41
NO LOAD					30.5
LOCKED ROTOR					795
NEMA CODE LETTER					H
NEMA DESIGN LETTER					#
FULL LOAD RPM					1790
NEMA NOMINAL / EFFICIENCY (%)					96.5
GUARANTEED EFFICIENCY (%)					95.8
MAX KVAR					186.8
AMBIENT (°C)					30
ALTITUDE (FASL)					14000
SAFE STALL TIME-HOT (SEC)					25
SOUND PRESSURE (DBA @ 1M)					86
TORQUES:					
					273
BREAKDOWN{% F.L.}					273
LOCKED ROTOR{% F.L.}					122
FULL LOAD{LB-FT}					2638.2

NEMA Nominal and Guaranteed Efficiencies are up to 3,300 feet above sea level and 25 ° C ambient

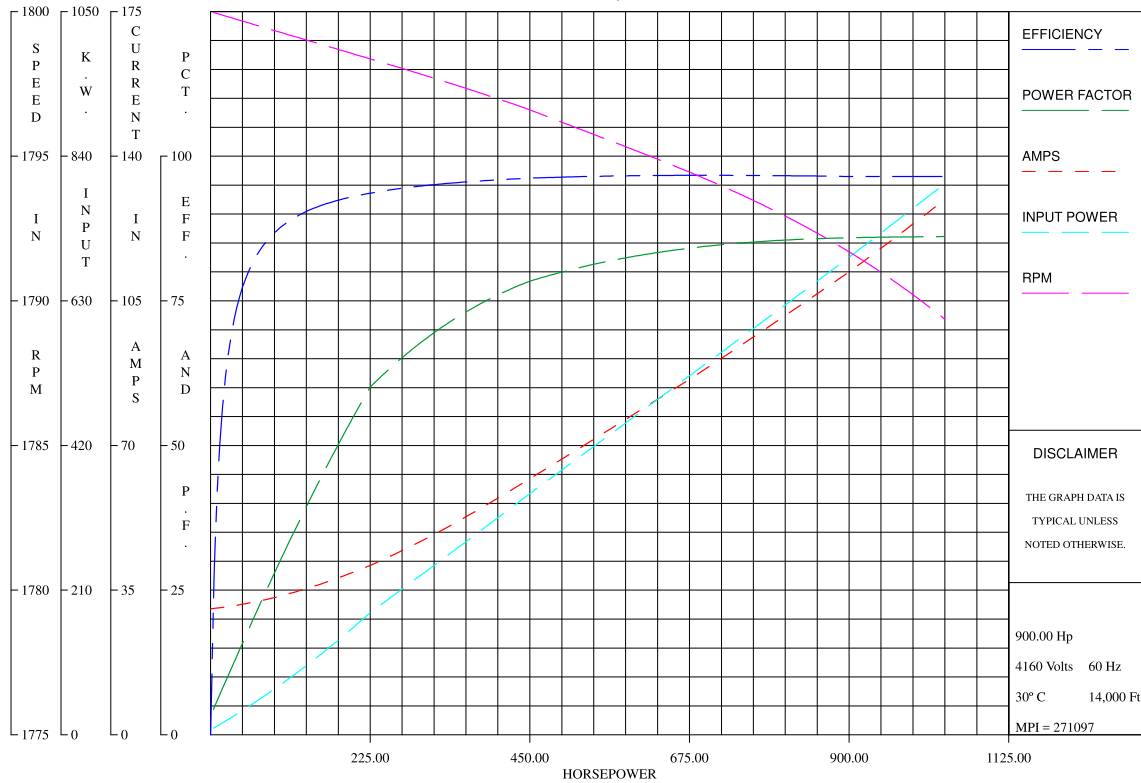
The Above Data Is Typical, Sinewave Power Unless Noted Otherwise

NIDEC MOTOR CORPORATION





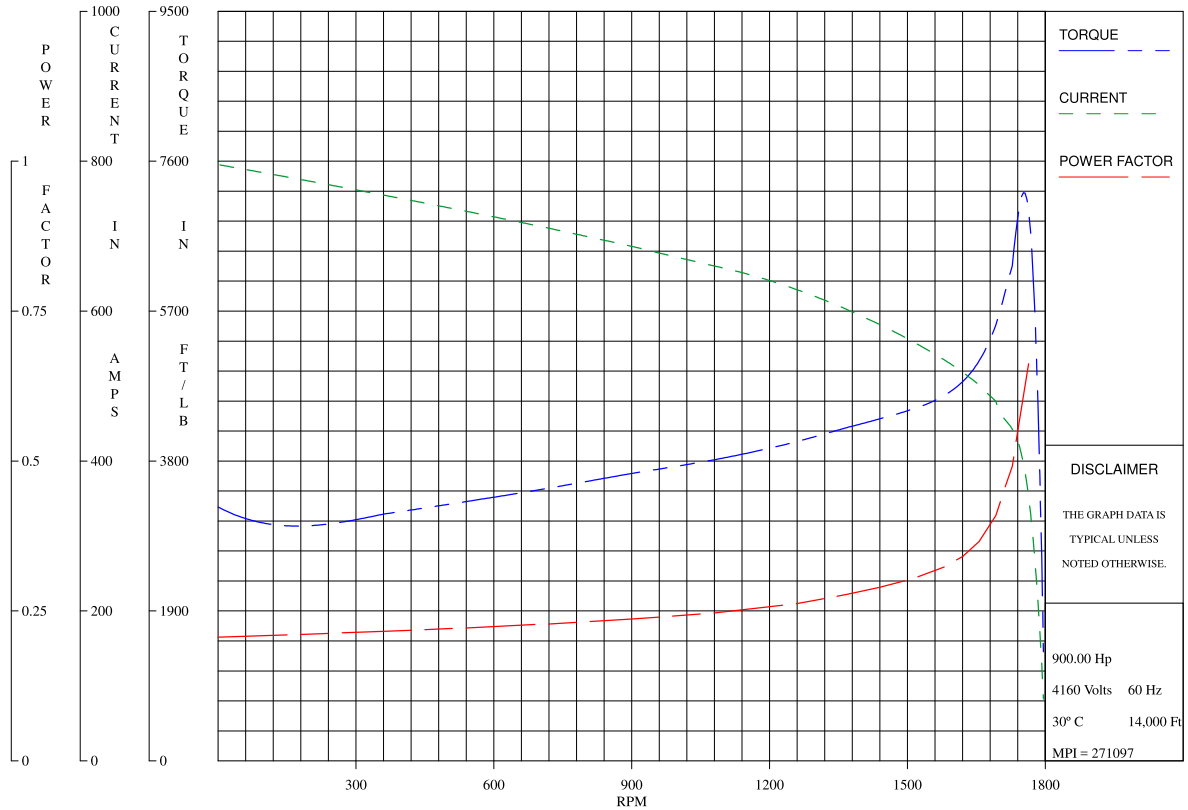
Performance vs Horsepower



NIDEC MOTOR CORPORATION
ST. LOUIS, MISSOURI



Torque, Current, PF vs RPM



NIDEC MOTOR CORPORATION
ST. LOUIS, MISSOURI

Anexo 18. Placa de datos de transformadores 23/4.16 kV

ABB

ABB Ltda.
BLUMENAU - SC
CNPJ 61.074.829/0006-38

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

N° **412874** Año **03/2020** Tipo **1LBR601111**

Potencia **18/24** MVA Fases **3** **60** Hz Norma **ANSI C57.12.00**

Impedancia **6.72** % a 85°C a **18MVA/23-4.16kV** Refrig. **ONAN/ONAF**

Aceite **NAFTÉNICO**

Elev.Temp.Dev.(°C) **65**
Elev.Temp.Ac.(°C) **65**

Nivel de Aislamiento interno (kV)	AT	BT	NBT
Frecuencia Industrial	50	26	26
Nivel de Impulso	150	75	75
Material de los devanados	Cu	Cu	-

Nivel de Aislamiento Externo (kV)	AT	BT	NBT
Frecuencia Industrial	95	34	34
Nivel de Impulso	250	110	110

TENSIÓN PRIMARIA

Bornes H1-H2-H3

Pos.	Voltios	Amperios		Conexión
		18MVA	24MVA	
1	24150	430.32	573.76	A - B
2	23575	440.81	587.76	B - C
3	23000	451.84	602.45	C - D
4	22425	463.42	617.90	D - E
5	21850	475.62	634.16	E - F

TENSIÓN SECUNDARIA

Bornes X0-X1-X2-X3

Voltios	Amperios	
	18MVA	24MVA
4160/2402	2498.15	3330.87

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BORNE

TC	CLASE	RELACIÓN	F.T.	BORNES	USO
1.4.7	C200	1.2	PROTECCIÓN	100-5A	S1-S2
				200-5A	S3-S4
				300-5A	S2-S3
				400-5A	S1-S3
				500-5A	S2-S4
				600-5A	S1-S4
				700-5A	S2-S5
				800-5A	S1-S5
				1000-5A	S1-S2
				1500-5A	S3-S4
2.5.8	0.6C50	1.2	MEDICIÓN	200-5A	S2-S3
				300-5A	S1-S3
				400-5A	S2-S4
				500-5A	S1-S4
				600-5A	S2-S5
				700-5A	S1-S5
				800-5A	S1-S2
				1000-5A	S3-S4
				1500-5A	S2-S3
				2000-5A	S1-S3
10.12.14	C400	1.2	PROTECCIÓN	2500-5A	S1-S3
				3500-5A	S2-S4
				4000-5A	S1-S4
				5000-5A	S2-S5
				6000-5A	S1-S5
				7000-5A	S1-S2
				8000-5A	S3-S4
				10000-5A	S2-S3
				15000-5A	S1-S3
				20000-5A	S2-S4
15.18.15.0.6C100	1.2	MEDICIÓN	2500-5A	S1-S3	
			3000-5A	S2-S4	
			3500-5A	S1-S4	
			4000-5A	S2-S5	
			4500-5A	S1-S5	
			5000-5A	S1-S2	
			6000-5A	S3-S4	
			7000-5A	S2-S3	
			8000-5A	S1-S3	
			10000-5A	S2-S4	
15.18.15.0.6C100	1.2	PROTECCIÓN	2500-5A	S1-S3	
			3000-5A	S2-S4	
			3500-5A	S1-S4	
			4000-5A	S2-S5	
			4500-5A	S1-S5	
			5000-5A	S1-S2	
			6000-5A	S3-S4	
			7000-5A	S2-S3	
			8000-5A	S1-S3	
			10000-5A	S2-S4	

Diagrama fasorial Dyn11

Pesos aproximados (kg)

Parte Activa **14000**

Aceite **5250**

Litros de Aceite **5900 L**

Tanque y Accesorios **10750**

Total **30000**

Altitud de Trabajo **4300** m.s.n.m.

P.L.N° **1LBR406400AFS**

440-XFP-957

TANQUE, RADIADORES, FAN, SERVIDOR, SOPORTES, PLENO VACIO



ABB Ltda.
BLUMENAU - SC
CNPJ 61.074.829/0006-38

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Nº **412875** Año **03/2020** Tipo **1LBR601111**
Potencia **18/24** MVA Fases **3** **60** Hz Norma **ANSI C57.12.00**
Impedancia **6.30** % a 85°C a **18MVA/23-4.16kV** Refrig. **ONAN/ONAF**

Nivel de Aislamiento interno (kV)	AT	BT	NBT
Frecuencia Industrial	50	26	26
Nivel de Impulso	150	75	75
Material de los devanados	Cu	Cu	-

Aceite **NAFTÉNICO**

Elev.Temp.Dev.(°C) **65**

Elev.Temp.Ac.(°C) **65**

Nivel de Aislamiento Externo (kV)	AT	BT	NRT
Frecuencia Industrial	95	34	34
Nivel de Impulso	250	110	110

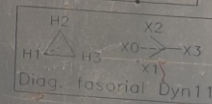
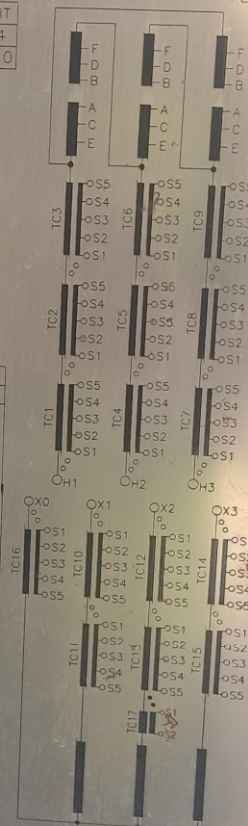
TENSIÓN PRIMARIA

Pos.	Voltios	Amperios		Conexión
		18MVA	24MVA	
1	24150	430.32	573.76	A - B
2	23575	440.81	587.76	B - C
3	23000	451.84	602.45	C - D
4	22425	463.42	617.90	D - E
5	21850	475.62	634.16	E - F

TENSIÓN SECUNDARIA

Voltios	Amperios	
	18MVA	24MVA
4160/2402	2498.15	3330.87

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BORNE				
TC	CLASE	RELACIÓN	F.T.	BORNES
1,4,7	C200	100-5A	1.2	S1-S2
		200-5A		S3-S4
		300-5A		S2-S3
		400-5A		S1-S3
		500-5A		S2-S4
		600-5A		S1-S4
2,5,8	0.6C50	100-5A	1.2	S1-S2
		200-5A		S3-S4
		300-5A		S2-S3
		400-5A		S1-S3
		500-5A		S2-S4
		600-5A		S1-S4
3,6,9	0.6C50	100-5A	1.2	S1-S2
		200-5A		S3-S4
		300-5A		S2-S3
		400-5A		S1-S3
		500-5A		S2-S4
		600-5A		S1-S4
10,12,14	C400	1000-5A	1.2	S1-S2
		1500-5A		S3-S4
		2000-5A		S2-S3
		2500-5A		S1-S3
		3000-5A		S2-S4
		4000-5A		S1-S4
11,13,15	0.6C100	500-5A	1.2	S1-S2
		1000-5A		S3-S4
		1500-5A		S2-S3
		2000-5A		S1-S3
		2500-5A		S2-S4
		3000-5A		S1-S4
16	C750	50-5A	1.2	S1-S2
		100-5A		S3-S4
		200-5A		S2-S3
		300-5A		S1-S3
		400-5A		S2-S4
		500-5A		S1-S4



Diag. fasorial Dyn11

Pesos aproximados (kg)

Parte Activa **14000**

Aceite **5250**

Litros de Aceite **5900** L

Tanque y accesorios **10250**

Total **30000**

Altura de Trabajo **4100** m.s.n.m

P.Nº **1LBR40B400AF5**

Anexo 19. Cálculos Eléctricos Caída de Tensión

Flujo de tensiones												
	KL/E	ANG	YL1*E1	ANG	YL2*E2	ANG	YL3*E3	ANG	EX	EY	E	ANG
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	0.00	1.00	-0.39	0.02	-86.91			-1.00	0.02	1.00	-1.25
EC	0.00	0.00	0.02	-88.16	0.97	0.33			-0.97	0.01	0.97	-0.56
ED	0.00	-74.39	0.95	-0.23					-0.95	0.00	0.95	-0.15
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.25	1.00	-0.39	0.01	-87.47			-1.00	0.02	1.00	-1.23
EC	0.00	-0.56	0.02	-88.14	0.92	0.17			-0.92	0.01	0.92	-0.76
ED	0.00	-74.54	0.90	-0.44					-0.90	0.01	0.90	-0.35
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.23	1.00	-0.39	0.01	-87.67			-1.00	0.02	1.00	-1.19
EC	0.00	-0.76	0.02	-88.09	0.88	-0.02			-0.88	0.02	0.88	-1.01
ED	0.00	-74.74	0.85	-0.68					-0.85	0.01	0.85	-0.58
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.19	1.00	-0.39	0.01	-87.91			-1.00	0.02	1.00	-1.15
EC	0.00	-1.01	0.02	-88.05	0.83	-0.25			-0.83	0.02	0.83	-1.29
ED	0.00	-74.97	0.81	-0.97					-0.81	0.01	0.81	-0.86
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.15	1.00	-0.39	0.01	-88.20			-1.00	0.02	1.00	-1.11
EC	0.00	-1.29	0.02	-88.01	0.79	-0.53			-0.79	0.02	0.79	-1.63
ED	0.00	-75.25	0.77	-1.30					-0.77	0.02	0.77	-1.18
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.11	1.00	-0.39	0.01	-88.53			-1.00	0.02	1.00	-1.07
EC	0.00	-1.63	0.02	-87.98	0.75	-0.85			-0.75	0.03	0.75	-2.00
ED	0.00	-75.56	0.73	-1.68					-0.73	0.02	0.73	-1.54
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.07	1.00	-0.39	0.01	-88.91			-1.00	0.02	1.00	-1.04
EC	0.00	-2.00	0.02	-87.94	0.71	-1.21			-0.71	0.03	0.71	-2.43
ED	0.00	-75.93	0.69	-2.10					-0.69	0.02	0.69	-1.95
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.04	1.00	-0.39	0.01	-89.34			-1.00	0.02	1.00	-1.00
EC	0.00	-2.43	0.02	-87.91	0.67	-1.63			-0.67	0.03	0.67	-2.91
ED	0.00	-76.34	0.66	-2.58					-0.66	0.03	0.66	-2.41
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-1.00	1.00	-0.39	0.01	-89.81			-1.00	0.02	1.00	-0.97
EC	0.00	-2.91	0.02	-87.88	0.64	-2.09			-0.64	0.04	0.64	-3.43
ED	0.00	-76.80	0.62	-3.11					-0.62	0.03	0.62	-2.92
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.97	1.00	-0.39	0.01	-90.34			-1.00	0.02	1.00	-0.94
EC	0.00	-3.43	0.02	-87.85	0.61	-2.59			-0.61	0.04	0.61	-4.01
ED	0.00	-77.31	0.59	-3.69					-0.59	0.04	0.59	-3.48
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.94	1.00	-0.39	0.01	-90.92			-1.00	0.02	1.00	-0.91
EC	0.00	-4.01	0.02	-87.82	0.58	-3.15			-0.58	0.05	0.58	-4.65
ED	0.00	-77.87	0.56	-4.32					-0.56	0.04	0.56	-4.09
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.91	1.00	-0.39	0.01	-91.55			-1.00	0.02	1.00	-0.89
EC	0.00	-4.65	0.02	-87.79	0.55	-3.76			-0.55	0.05	0.55	-5.33
ED	0.00	-78.48	0.53	-5.00					-0.53	0.04	0.53	-4.75
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.89	1.00	-0.39	0.01	-92.24			-1.00	0.02	1.00	-0.86
EC	0.00	-5.33	0.02	-87.77	0.52	-4.42			-0.52	0.06	0.52	-6.07
ED	0.00	-79.14	0.51	-5.75					-0.50	0.05	0.51	-5.47
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.86	1.00	-0.39	0.01	-92.98			-1.00	0.01	1.00	-0.84
EC	0.00	-6.07	0.02	-87.75	0.49	-5.14			-0.49	0.06	0.50	-6.87
ED	0.00	-79.85	0.48	-6.54					-0.48	0.05	0.48	-6.23

EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.84	1.00	-0.39	0.01	-93.77			-1.00	0.01	1.00	-0.82
EC	0.00	-6.87	0.02	-87.72	0.47	-5.90			-0.47	0.06	0.47	-7.72
ED	0.00	-80.62	0.46	-7.39					-0.45	0.06	0.46	-7.05
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.82	1.00	-0.39	0.01	-94.63			-1.00	0.01	1.00	-0.80
EC	0.00	-7.72	0.02	-87.70	0.45	-6.72			-0.44	0.07	0.45	-8.62
ED	0.00	-81.44	0.44	-8.30					-0.43	0.06	0.44	-7.92
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.80	1.00	-0.39	0.01	-95.53			-1.00	0.01	1.00	-0.78
EC	0.00	-8.62	0.02	-87.68	0.42	-7.59			-0.42	0.07	0.43	-9.58
ED	0.00	-82.31	0.42	-9.26					-0.41	0.06	0.42	-8.84
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.78	1.00	-0.39	0.01	-96.49			-1.00	0.01	1.00	-0.76
EC	0.00	-9.58	0.02	-87.66	0.40	-8.51			-0.40	0.07	0.41	-10.59
ED	0.00	-83.23	0.40	-10.27					-0.39	0.07	0.40	-9.81
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.76	1.00	-0.39	0.01	-97.50			-1.00	0.01	1.00	-0.74
EC	0.00	-10.59	0.02	-87.65	0.39	-9.48			-0.38	0.08	0.39	-11.65
ED	0.00	-84.20	0.38	-11.33					-0.37	0.07	0.38	-10.82
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.74	1.00	-0.39	0.01	-98.56			-1.00	0.01	1.00	-0.72
EC	0.00	-11.65	0.02	-87.63	0.37	-10.50			-0.36	0.08	0.37	-12.76
ED	0.00	-85.21	0.36	-12.44					-0.35	0.07	0.36	-11.88
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.72	1.00	-0.39	0.01	-99.67			-1.00	0.01	1.00	-0.71
EC	0.00	-12.76	0.02	-87.61	0.35	-11.56			-0.34	0.09	0.36	-13.92
ED	0.00	-86.27	0.35	-13.59					-0.34	0.08	0.34	-12.98
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.71	1.00	-0.39	0.01	-100.82			-1.00	0.01	1.00	-0.69
EC	0.00	-13.92	0.02	-87.60	0.34	-12.66			-0.33	0.09	0.34	-15.11
ED	0.00	-87.37	0.33	-14.78					-0.32	0.08	0.33	-14.12
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.69	1.00	-0.39	0.01	-102.02			-1.00	0.01	1.00	-0.68
EC	0.00	-15.11	0.02	-87.58	0.32	-13.79			-0.31	0.09	0.33	-16.34
ED	0.00	-88.51	0.32	-16.01					-0.30	0.08	0.32	-15.29
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.68	1.00	-0.39	0.00	-103.25			-1.00	0.01	1.00	-0.66
EC	0.00	-16.34	0.02	-87.57	0.31	-14.96			-0.30	0.09	0.31	-17.60
ED	0.00	-89.68	0.30	-17.28					-0.29	0.09	0.30	-16.49
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.66	1.00	-0.39	0.00	-104.51			-1.00	0.01	1.00	-0.65
EC	0.00	-17.60	0.02	-87.56	0.30	-16.16			-0.28	0.10	0.30	-18.89
ED	0.00	-90.88	0.29	-18.56					-0.28	0.09	0.29	-17.71
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.65	1.00	-0.39	0.00	-105.80			-1.00	0.01	1.00	-0.64
EC	0.00	-18.89	0.02	-87.55	0.28	-17.38			-0.27	0.10	0.29	-20.20
ED	0.00	-92.10	0.28	-19.87					-0.26	0.09	0.28	-18.95
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.64	1.00	-0.39	0.00	-107.10			-1.00	0.01	1.00	-0.63
EC	0.00	-20.20	0.02	-87.54	0.27	-18.62			-0.26	0.10	0.28	-21.51
ED	0.00	-93.33	0.27	-21.19					-0.25	0.09	0.27	-20.19
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.63	1.00	-0.39	0.00	-108.42			-1.00	0.01	1.00	-0.62
EC	0.00	-21.51	0.02	-87.52	0.26	-19.86			-0.25	0.10	0.27	-22.84
ED	0.01	-94.58	0.26	-22.51					-0.24	0.10	0.26	-21.44
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.62	1.00	-0.39	0.00	-109.75			-1.00	0.01	1.00	-0.61
EC	0.00	-22.84	0.02	-87.51	0.25	-21.11			-0.24	0.11	0.26	-24.16
ED	0.01	-95.83	0.25	-23.84					-0.23	0.10	0.25	-22.69
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00

EB	0.00	-0.61	1.00	-0.39	0.00	-111.07			-1.00	0.01	1.00	-0.60
EC	0.00	-24.16	0.02	-87.51	0.24	-22.36			-0.23	0.11	0.25	-25.48
ED	0.01	-97.07	0.24	-25.15					-0.22	0.10	0.24	-23.92
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.60	1.00	-0.39	0.00	-112.38			-1.00	0.01	1.00	-0.59
EC	0.00	-25.48	0.02	-87.50	0.24	-23.59			-0.22	0.11	0.24	-26.78
ED	0.01	-98.31	0.24	-26.45					-0.21	0.10	0.24	-25.14
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.59	1.00	-0.39	0.00	-113.68			-1.00	0.01	1.00	-0.58
EC	0.00	-26.78	0.02	-87.49	0.23	-24.81			-0.21	0.11	0.24	-28.06
ED	0.01	-99.53	0.23	-27.73					-0.20	0.10	0.23	-26.34
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.58	1.00	-0.39	0.00	-114.96			-1.00	0.01	1.00	-0.58
EC	0.00	-28.06	0.02	-87.48	0.22	-26.01			-0.20	0.11	0.23	-29.30
ED	0.01	-100.72	0.22	-28.98					-0.20	0.10	0.22	-27.50
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.58	1.00	-0.39	0.00	-116.21			-1.00	0.01	1.00	-0.57
EC	0.00	-29.30	0.02	-87.47	0.22	-27.18			-0.19	0.11	0.22	-30.52
ED	0.01	-101.89	0.22	-30.19					-0.19	0.10	0.22	-28.64
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.57	1.00	-0.39	0.00	-117.43			-1.00	0.01	1.00	-0.56
EC	0.00	-30.52	0.02	-87.47	0.21	-28.31			-0.19	0.12	0.22	-31.69
ED	0.01	-103.02	0.21	-31.37					-0.18	0.10	0.21	-29.73
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.56	1.00	-0.39	0.00	-118.60			-1.00	0.01	1.00	-0.56
EC	0.00	-31.69	0.02	-87.46	0.21	-29.40			-0.18	0.12	0.21	-32.82
ED	0.01	-104.12	0.21	-32.50					-0.18	0.11	0.21	-30.78
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.56	1.00	-0.39	0.00	-119.73			-1.00	0.01	1.00	-0.55
EC	0.00	-32.82	0.02	-87.46	0.20	-30.45			-0.17	0.12	0.21	-33.91
ED	0.01	-105.17	0.20	-33.58					-0.17	0.11	0.20	-31.79
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.55	1.00	-0.39	0.00	-120.81			-1.00	0.01	1.00	-0.55
EC	0.00	-33.91	0.02	-87.45	0.20	-31.46			-0.17	0.12	0.21	-34.94
ED	0.01	-106.18	0.20	-34.61					-0.17	0.11	0.20	-32.75
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.55	1.00	-0.39	0.00	-121.85			-1.00	0.01	1.00	-0.54
EC	0.00	-34.94	0.02	-87.45	0.19	-32.42			-0.16	0.12	0.20	-35.92
ED	0.01	-107.13	0.20	-35.59					-0.16	0.11	0.19	-33.65
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.54	1.00	-0.39	0.00	-122.83			-1.00	0.01	1.00	-0.54
EC	0.00	-35.92	0.02	-87.44	0.19	-33.33			-0.16	0.12	0.20	-36.85
ED	0.01	-108.04	0.19	-36.52					-0.16	0.11	0.19	-34.51
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.54	1.00	-0.39	0.00	-123.75			-1.00	0.01	1.00	-0.53
EC	0.00	-36.85	0.02	-87.44	0.19	-34.18			-0.15	0.12	0.20	-37.72
ED	0.01	-108.90	0.19	-37.39					-0.15	0.11	0.19	-35.31
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.53	1.00	-0.39	0.00	-124.62			-1.00	0.01	1.00	-0.53
EC	0.00	-37.72	0.02	-87.44	0.18	-34.99			-0.15	0.12	0.19	-38.53
ED	0.01	-109.70	0.19	-38.21					-0.15	0.11	0.19	-36.07
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.53	1.00	-0.39	0.00	-125.44			-1.00	0.01	1.00	-0.53
EC	0.00	-38.53	0.02	-87.43	0.18	-35.74			-0.15	0.12	0.19	-39.29
ED	0.01	-110.46	0.19	-38.97					-0.15	0.11	0.18	-36.77
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.53	1.00	-0.39	0.00	-126.20			-1.00	0.01	1.00	-0.52
EC	0.00	-39.29	0.02	-87.43	0.18	-36.44			-0.14	0.12	0.19	-40.00
ED	0.01	-111.16	0.18	-39.68					-0.14	0.11	0.18	-37.43
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.52	1.00	-0.39	0.00	-126.91			-1.00	0.01	1.00	-0.52

EC	0.00	-40.00	0.02	-87.43	0.18	-37.10			-0.14	0.12	0.19	-40.66
ED	0.01	-111.81	0.18	-40.34					-0.14	0.11	0.18	-38.03
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.52	1.00	-0.39	0.00	-127.57			-1.00	0.01	1.00	-0.52
EC	0.00	-40.66	0.02	-87.42	0.17	-37.71			-0.14	0.12	0.18	-41.27
ED	0.01	-112.42	0.18	-40.94					-0.14	0.11	0.18	-38.59
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.52	1.00	-0.39	0.00	-128.18			-1.00	0.01	1.00	-0.52
EC	0.00	-41.27	0.02	-87.42	0.17	-38.27			-0.14	0.12	0.18	-41.83
ED	0.01	-112.98	0.18	-41.51					-0.14	0.11	0.18	-39.11
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.52	1.00	-0.39	0.00	-128.74			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-41.83	0.02	-87.42	0.17	-38.79			-0.13	0.12	0.18	-42.35
ED	0.01	-113.50	0.18	-42.02					-0.13	0.11	0.17	-39.59
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-129.26			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-42.35	0.02	-87.42	0.17	-39.26			-0.13	0.12	0.18	-42.83
ED	0.01	-113.98	0.18	-42.50					-0.13	0.11	0.17	-40.03
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-129.73			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-42.83	0.02	-87.42	0.17	-39.70			-0.13	0.12	0.18	-43.26
ED	0.01	-114.41	0.17	-42.94					-0.13	0.11	0.17	-40.43
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-130.17			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-43.26	0.02	-87.41	0.17	-40.10			-0.13	0.12	0.18	-43.66
ED	0.01	-114.82	0.17	-43.33					-0.13	0.11	0.17	-40.80
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-130.57			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-43.66	0.02	-87.41	0.17	-40.47			-0.13	0.12	0.18	-44.03
ED	0.01	-115.18	0.17	-43.70					-0.13	0.11	0.17	-41.13
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-130.93			-1.00	0.01	1.00	-0.51
EC	0.00	-44.03	0.02	-87.41	0.17	-40.80			-0.13	0.12	0.18	-44.36
ED	0.01	-115.52	0.17	-44.03					-0.13	0.11	0.17	-41.44
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.51	1.00	-0.39	0.00	-131.26			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-44.36	0.02	-87.41	0.17	-41.11			-0.13	0.12	0.18	-44.66
ED	0.01	-115.83	0.17	-44.33					-0.13	0.11	0.17	-41.72
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-131.57			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-44.66	0.02	-87.41	0.16	-41.39			-0.12	0.12	0.18	-44.94
ED	0.01	-116.10	0.17	-44.61					-0.13	0.11	0.17	-41.97
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-131.84			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-44.94	0.02	-87.41	0.16	-41.64			-0.12	0.12	0.17	-45.19
ED	0.01	-116.36	0.17	-44.86					-0.12	0.11	0.17	-42.20
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-132.09			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-45.19	0.02	-87.41	0.16	-41.88			-0.12	0.12	0.17	-45.42
ED	0.01	-116.59	0.17	-45.09					-0.12	0.11	0.17	-42.41
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-132.32			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-45.42	0.02	-87.41	0.16	-42.09			-0.12	0.12	0.17	-45.62
ED	0.01	-116.80	0.17	-45.30					-0.12	0.11	0.17	-42.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-132.53			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-45.62	0.02	-87.41	0.16	-42.28			-0.12	0.12	0.17	-45.81
ED	0.01	-116.99	0.17	-45.49					-0.12	0.11	0.17	-42.78
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-132.72			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-45.81	0.02	-87.41	0.16	-42.45			-0.12	0.12	0.17	-45.98

ED	0.01	-117.17	0.17	-45.66					-0.12	0.11	0.17	-42.94
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-132.89			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-45.98	0.02	-87.41	0.16	-42.61			-0.12	0.12	0.17	-46.14
ED	0.01	-117.33	0.17	-45.81					-0.12	0.11	0.17	-43.08
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.04			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.14	0.02	-87.41	0.16	-42.76			-0.12	0.12	0.17	-46.28
ED	0.01	-117.47	0.17	-45.95					-0.12	0.11	0.17	-43.22
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.19			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.28	0.02	-87.40	0.16	-42.89			-0.12	0.12	0.17	-46.41
ED	0.01	-117.60	0.17	-46.08					-0.12	0.11	0.17	-43.33
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.31			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.41	0.02	-87.40	0.16	-43.01			-0.12	0.12	0.17	-46.52
ED	0.01	-117.72	0.17	-46.20					-0.12	0.11	0.16	-43.44
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.43			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.52	0.02	-87.40	0.16	-43.12			-0.12	0.12	0.17	-46.63
ED	0.01	-117.83	0.17	-46.30					-0.12	0.11	0.16	-43.54
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.54			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.63	0.02	-87.40	0.16	-43.22			-0.12	0.12	0.17	-46.73
ED	0.01	-117.93	0.17	-46.40					-0.12	0.11	0.16	-43.63
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.63			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.73	0.02	-87.40	0.16	-43.31			-0.12	0.12	0.17	-46.81
ED	0.01	-118.02	0.17	-46.49					-0.12	0.11	0.16	-43.72
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.72			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.81	0.02	-87.40	0.16	-43.39			-0.12	0.13	0.17	-46.89
ED	0.01	-118.10	0.17	-46.57					-0.12	0.11	0.16	-43.79
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.80			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.89	0.02	-87.40	0.16	-43.46			-0.12	0.13	0.17	-46.97
ED	0.01	-118.18	0.17	-46.64					-0.12	0.11	0.16	-43.86
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.87			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-46.97	0.02	-87.40	0.16	-43.53			-0.12	0.13	0.17	-47.03
ED	0.01	-118.25	0.17	-46.71					-0.12	0.11	0.16	-43.92
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-133.94			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.03	0.02	-87.40	0.16	-43.60			-0.12	0.13	0.17	-47.09
ED	0.01	-118.31	0.17	-46.77					-0.12	0.11	0.16	-43.98
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.00			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.09	0.02	-87.40	0.16	-43.65			-0.12	0.13	0.17	-47.15
ED	0.01	-118.37	0.17	-46.82					-0.12	0.11	0.16	-44.03
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.05			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.15	0.02	-87.40	0.16	-43.71			-0.12	0.13	0.17	-47.20
ED	0.01	-118.42	0.17	-46.87					-0.12	0.11	0.16	-44.08
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.11			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.20	0.02	-87.40	0.16	-43.76			-0.12	0.13	0.17	-47.25
ED	0.01	-118.47	0.17	-46.92					-0.12	0.11	0.16	-44.13
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.15			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.25	0.02	-87.40	0.16	-43.80			-0.12	0.13	0.17	-47.29
ED	0.01	-118.52	0.17	-46.96					-0.12	0.11	0.16	-44.17

EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.19			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.29	0.02	-87.40	0.16	-43.84			-0.12	0.13	0.17	-47.33
ED	0.01	-118.56	0.17	-47.00					-0.12	0.11	0.16	-44.21
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.23			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.33	0.02	-87.40	0.16	-43.88			-0.12	0.13	0.17	-47.36
ED	0.01	-118.60	0.17	-47.04					-0.12	0.11	0.16	-44.25
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.27			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.36	0.02	-87.40	0.16	-43.92			-0.12	0.13	0.17	-47.40
ED	0.01	-118.63	0.17	-47.07					-0.12	0.11	0.16	-44.28
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.30			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.40	0.02	-87.40	0.16	-43.95			-0.12	0.13	0.17	-47.43
ED	0.01	-118.67	0.17	-47.10					-0.12	0.11	0.16	-44.31
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.34			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.43	0.02	-87.40	0.16	-43.98			-0.12	0.13	0.17	-47.46
ED	0.01	-118.70	0.17	-47.13					-0.12	0.11	0.16	-44.34
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.36			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.46	0.02	-87.40	0.16	-44.01			-0.12	0.13	0.17	-47.49
ED	0.01	-118.73	0.17	-47.16					-0.12	0.11	0.16	-44.37
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.39			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.49	0.02	-87.40	0.16	-44.04			-0.12	0.13	0.17	-47.51
ED	0.01	-118.76	0.17	-47.18					-0.12	0.11	0.16	-44.39
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.42			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.51	0.02	-87.40	0.16	-44.07			-0.12	0.13	0.17	-47.53
ED	0.01	-118.78	0.17	-47.21					-0.12	0.11	0.16	-44.42
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.44			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.53	0.02	-87.40	0.16	-44.09			-0.12	0.13	0.17	-47.56
ED	0.01	-118.81	0.17	-47.23					-0.12	0.11	0.16	-44.44
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.46			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.56	0.02	-87.40	0.16	-44.11			-0.12	0.13	0.17	-47.58
ED	0.01	-118.83	0.17	-47.25					-0.12	0.11	0.16	-44.46
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.48			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.58	0.02	-87.40	0.16	-44.14			-0.12	0.13	0.17	-47.60
ED	0.01	-118.85	0.17	-47.27					-0.12	0.11	0.16	-44.48
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.50			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.60	0.02	-87.40	0.16	-44.16			-0.12	0.13	0.17	-47.62
ED	0.01	-118.87	0.17	-47.29					-0.12	0.12	0.16	-44.50
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.52			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.62	0.02	-87.40	0.16	-44.18			-0.12	0.13	0.17	-47.63
ED	0.01	-118.89	0.17	-47.31					-0.12	0.12	0.16	-44.52
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.54			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.63	0.02	-87.40	0.16	-44.19			-0.12	0.13	0.17	-47.65
ED	0.01	-118.91	0.17	-47.32					-0.12	0.12	0.16	-44.54
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-134.56			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-47.65	0.02	-87.40	0.16	-44.21			-0.12	0.13	0.17	-47.67
ED	0.01	-118.93	0.17	-47.34					-0.12	0.12	0.16	-44.56
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00

ED	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.17			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.27	0.02	-87.40	0.16	-44.93			-0.12	0.13	0.17	-48.27
ED	0.01	-119.64	0.17	-47.95					-0.12	0.12	0.17	-45.26
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.18			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.27	0.02	-87.40	0.16	-44.93			-0.12	0.13	0.17	-48.28
ED	0.01	-119.65	0.17	-47.96					-0.12	0.12	0.17	-45.27
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.19			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.28	0.02	-87.40	0.16	-44.94			-0.12	0.13	0.17	-48.29
ED	0.01	-119.66	0.17	-47.96					-0.12	0.12	0.17	-45.28
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.20			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.29	0.02	-87.40	0.16	-44.95			-0.12	0.13	0.17	-48.30
ED	0.01	-119.67	0.17	-47.97					-0.12	0.12	0.17	-45.29
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.20			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.30	0.02	-87.40	0.16	-44.96			-0.12	0.13	0.17	-48.31
ED	0.01	-119.68	0.17	-47.98					-0.12	0.12	0.17	-45.30
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.21			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.31	0.02	-87.40	0.16	-44.97			-0.12	0.13	0.17	-48.31
ED	0.01	-119.69	0.17	-47.99					-0.12	0.12	0.17	-45.31
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.22			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.31	0.02	-87.40	0.16	-44.98			-0.12	0.13	0.17	-48.32
ED	0.01	-119.70	0.17	-47.99					-0.12	0.12	0.17	-45.32
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.23			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.32	0.02	-87.40	0.16	-44.99			-0.12	0.13	0.17	-48.33
ED	0.01	-119.71	0.17	-48.00					-0.12	0.12	0.17	-45.33
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.24			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.33	0.02	-87.40	0.16	-45.00			-0.12	0.13	0.17	-48.34
ED	0.01	-119.71	0.17	-48.01					-0.12	0.12	0.17	-45.34
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.24			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.34	0.02	-87.40	0.16	-45.01			-0.12	0.13	0.17	-48.34
ED	0.01	-119.72	0.17	-48.02					-0.12	0.12	0.17	-45.34
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.25			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.34	0.02	-87.40	0.16	-45.02			-0.12	0.13	0.17	-48.35
ED	0.01	-119.73	0.17	-48.02					-0.12	0.12	0.17	-45.35
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.26			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.35	0.02	-87.40	0.16	-45.03			-0.12	0.13	0.17	-48.36
ED	0.01	-119.74	0.17	-48.03					-0.12	0.12	0.17	-45.36
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.27			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.36	0.02	-87.40	0.16	-45.04			-0.12	0.13	0.17	-48.37
ED	0.01	-119.75	0.17	-48.04					-0.12	0.12	0.17	-45.37
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.27			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.37	0.02	-87.40	0.16	-45.04			-0.12	0.13	0.17	-48.37
ED	0.01	-119.76	0.17	-48.05					-0.12	0.12	0.17	-45.38
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.28			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.37	0.02	-87.40	0.16	-45.05			-0.12	0.13	0.17	-48.38
ED	0.01	-119.77	0.17	-48.05					-0.12	0.12	0.17	-45.39
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.29			-1.00	0.01	1.00	-0.50

EA	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.59			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.69	0.02	-87.40	0.17	-45.42			-0.12	0.13	0.18	-48.69
ED	0.01	-120.14	0.17	-48.37					-0.12	0.12	0.17	-45.76
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.60			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.69	0.02	-87.40	0.17	-45.43			-0.12	0.13	0.18	-48.70
ED	0.01	-120.15	0.17	-48.37					-0.12	0.12	0.17	-45.76
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.61			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.70	0.02	-87.40	0.17	-45.44			-0.12	0.13	0.18	-48.71
ED	0.01	-120.15	0.17	-48.38					-0.12	0.12	0.17	-45.77
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.61			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.71	0.02	-87.40	0.17	-45.44			-0.12	0.13	0.18	-48.71
ED	0.01	-120.16	0.17	-48.38					-0.12	0.12	0.17	-45.78
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.62			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.71	0.02	-87.40	0.17	-45.45			-0.12	0.13	0.18	-48.72
ED	0.01	-120.17	0.17	-48.39					-0.12	0.12	0.17	-45.78
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.62			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.72	0.02	-87.40	0.17	-45.46			-0.12	0.13	0.18	-48.72
ED	0.01	-120.17	0.17	-48.40					-0.12	0.12	0.17	-45.79
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.63			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.72	0.02	-87.40	0.17	-45.46			-0.12	0.13	0.18	-48.73
ED	0.01	-120.18	0.17	-48.40					-0.12	0.12	0.17	-45.80
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.63			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.73	0.02	-87.40	0.17	-45.47			-0.12	0.13	0.18	-48.73
ED	0.01	-120.19	0.17	-48.41					-0.12	0.12	0.17	-45.80
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.64			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.73	0.02	-87.40	0.17	-45.48			-0.12	0.13	0.18	-48.74
ED	0.01	-120.19	0.17	-48.41					-0.12	0.12	0.17	-45.81
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.65			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.74	0.02	-87.40	0.17	-45.48			-0.12	0.13	0.18	-48.74
ED	0.01	-120.20	0.17	-48.42					-0.12	0.12	0.17	-45.82
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.65			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.74	0.02	-87.40	0.17	-45.49			-0.12	0.13	0.18	-48.75
ED	0.01	-120.21	0.17	-48.42					-0.12	0.12	0.17	-45.82
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.66			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.75	0.02	-87.40	0.17	-45.50			-0.12	0.13	0.18	-48.76
ED	0.01	-120.21	0.17	-48.43					-0.12	0.12	0.17	-45.83
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.66			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.76	0.02	-87.40	0.17	-45.50			-0.12	0.13	0.18	-48.76
ED	0.01	-120.22	0.17	-48.43					-0.12	0.12	0.17	-45.84
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.67			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.76	0.02	-87.40	0.17	-45.51			-0.12	0.13	0.18	-48.77
ED	0.01	-120.23	0.17	-48.44					-0.12	0.12	0.17	-45.84
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.67			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.77	0.02	-87.40	0.17	-45.52			-0.12	0.13	0.18	-48.77
ED	0.01	-120.23	0.17	-48.45					-0.12	0.12	0.17	-45.85
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.68			-1.00	0.01	1.00	-0.50

[illegible]

EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.89			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.99	0.02	-87.40	0.17	-45.78			-0.12	0.13	0.18	-48.99
ED	0.01	-120.49	0.17	-48.67					-0.12	0.12	0.17	-46.11
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.90			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-48.99	0.02	-87.40	0.17	-45.78			-0.12	0.13	0.18	-49.00
ED	0.01	-120.50	0.17	-48.67					-0.12	0.12	0.17	-46.11
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.90			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.00	0.02	-87.40	0.17	-45.79			-0.12	0.13	0.18	-49.00
ED	0.01	-120.50	0.17	-48.67					-0.12	0.12	0.17	-46.12
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.91			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.00	0.02	-87.40	0.17	-45.79			-0.12	0.13	0.18	-49.00
ED	0.01	-120.51	0.17	-48.68					-0.12	0.12	0.17	-46.12
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.91			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.00	0.02	-87.40	0.17	-45.80			-0.12	0.13	0.18	-49.01
ED	0.01	-120.51	0.17	-48.68					-0.12	0.12	0.17	-46.13
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.91			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.01	0.02	-87.40	0.17	-45.80			-0.12	0.13	0.18	-49.01
ED	0.01	-120.52	0.17	-48.68					-0.12	0.12	0.17	-46.13
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.92			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.01	0.02	-87.40	0.17	-45.81			-0.12	0.13	0.18	-49.02
ED	0.01	-120.52	0.17	-48.69					-0.12	0.12	0.17	-46.14
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.92			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.02	0.02	-87.40	0.17	-45.81			-0.12	0.13	0.18	-49.02
ED	0.01	-120.52	0.17	-48.69					-0.12	0.12	0.17	-46.14
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.93			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.02	0.02	-87.40	0.17	-45.81			-0.12	0.13	0.18	-49.02
ED	0.01	-120.53	0.17	-48.70					-0.12	0.12	0.17	-46.15
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.93			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.02	0.02	-87.40	0.17	-45.82			-0.12	0.13	0.18	-49.03
ED	0.01	-120.53	0.17	-48.70					-0.12	0.12	0.17	-46.15
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.93			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.03	0.02	-87.40	0.17	-45.82			-0.12	0.13	0.18	-49.03
ED	0.01	-120.54	0.17	-48.70					-0.12	0.12	0.17	-46.15
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.94			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.03	0.02	-87.40	0.17	-45.83			-0.12	0.13	0.18	-49.03
ED	0.01	-120.54	0.17	-48.71					-0.12	0.12	0.17	-46.16
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.94			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.03	0.02	-87.40	0.17	-45.83			-0.12	0.13	0.18	-49.04
ED	0.01	-120.55	0.17	-48.71					-0.12	0.12	0.17	-46.16
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.94			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.04	0.02	-87.40	0.17	-45.84			-0.12	0.13	0.18	-49.04
ED	0.01	-120.55	0.17	-48.72					-0.12	0.12	0.17	-46.17
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.95			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.04	0.02	-87.40	0.17	-45.84			-0.12	0.14	0.18	-49.05
ED	0.01	-120.56	0.17	-48.72					-0.12	0.12	0.17	-46.17
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.95			-1.00	0.01	1.00	-0.50

EA	0.00	-49.05	0.02	-87.40	0.17	-45.85			-0.12	0.14	0.18	-49.05
ED	0.01	-120.56	0.17	-48.72					-0.12	0.12	0.17	-46.18
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.96			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.05	0.02	-87.40	0.17	-45.85			-0.12	0.14	0.18	-49.05
ED	0.01	-120.56	0.17	-48.73					-0.12	0.12	0.17	-46.18
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.96			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.05	0.02	-87.40	0.17	-45.85			-0.12	0.14	0.18	-49.06
ED	0.01	-120.57	0.17	-48.73					-0.12	0.12	0.17	-46.18
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.96			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.06	0.02	-87.40	0.17	-45.86			-0.12	0.14	0.18	-49.06
ED	0.01	-120.57	0.17	-48.73					-0.12	0.12	0.17	-46.19
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.97			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.06	0.02	-87.40	0.17	-45.86			-0.12	0.14	0.18	-49.06
ED	0.01	-120.58	0.17	-48.74					-0.12	0.12	0.17	-46.19
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.97			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.06	0.02	-87.40	0.17	-45.87			-0.12	0.14	0.18	-49.07
ED	0.01	-120.58	0.17	-48.74					-0.12	0.12	0.17	-46.20
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.97			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.07	0.02	-87.40	0.17	-45.87			-0.12	0.14	0.18	-49.07
ED	0.01	-120.59	0.17	-48.74					-0.12	0.12	0.17	-46.20
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.98			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.07	0.02	-87.40	0.17	-45.87			-0.12	0.14	0.18	-49.07
ED	0.01	-120.59	0.17	-48.75					-0.12	0.12	0.17	-46.21
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.98			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.07	0.02	-87.40	0.17	-45.88			-0.12	0.14	0.18	-49.08
ED	0.01	-120.59	0.17	-48.75					-0.12	0.12	0.17	-46.21
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.98			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.08	0.02	-87.40	0.17	-45.88			-0.12	0.14	0.18	-49.08
ED	0.01	-120.60	0.17	-48.75					-0.12	0.12	0.17	-46.21
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.99			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.08	0.02	-87.40	0.17	-45.89			-0.12	0.14	0.18	-49.08
ED	0.01	-120.60	0.17	-48.76					-0.12	0.12	0.17	-46.22
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.99			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.08	0.02	-87.40	0.17	-45.89			-0.12	0.14	0.18	-49.09
ED	0.01	-120.61	0.17	-48.76					-0.12	0.12	0.17	-46.22
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.99			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.09	0.02	-87.40	0.17	-45.89			-0.12	0.14	0.18	-49.09
ED	0.01	-120.61	0.17	-48.76					-0.12	0.12	0.17	-46.22
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-135.99			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.09	0.02	-87.40	0.17	-45.90			-0.12	0.14	0.18	-49.09
ED	0.01	-120.61	0.17	-48.77					-0.12	0.12	0.17	-46.23
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.00			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.09	0.02	-87.40	0.17	-45.90			-0.12	0.14	0.18	-49.10
ED	0.01	-120.62	0.17	-48.77					-0.12	0.12	0.17	-46.23
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.00			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.10	0.02	-87.40	0.17	-45.91			-0.12	0.14	0.18	-49.10

[illegible]

ED	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.10			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.19	0.02	-87.40	0.17	-46.01			-0.12	0.14	0.18	-49.19
ED	0.01	-120.73	0.17	-48.87					-0.12	0.12	0.17	-46.34
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.10			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.19	0.02	-87.40	0.17	-46.02			-0.12	0.14	0.18	-49.20
ED	0.01	-120.73	0.17	-48.87					-0.12	0.12	0.17	-46.35
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.10			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.20	0.02	-87.40	0.17	-46.02			-0.12	0.14	0.18	-49.20
ED	0.01	-120.74	0.17	-48.87					-0.12	0.12	0.17	-46.35
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.10			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.20	0.02	-87.40	0.17	-46.02			-0.12	0.14	0.18	-49.20
ED	0.01	-120.74	0.17	-48.87					-0.12	0.12	0.17	-46.35
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.11			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.20	0.02	-87.40	0.17	-46.03			-0.12	0.14	0.18	-49.20
ED	0.01	-120.74	0.18	-48.88					-0.12	0.12	0.17	-46.36
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.11			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.20	0.02	-87.40	0.17	-46.03			-0.12	0.14	0.18	-49.21
ED	0.01	-120.74	0.18	-48.88					-0.12	0.12	0.17	-46.36
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.11			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.21	0.02	-87.40	0.17	-46.03			-0.12	0.14	0.18	-49.21
ED	0.01	-120.75	0.18	-48.88					-0.12	0.12	0.17	-46.36
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.11			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.21	0.02	-87.40	0.17	-46.04			-0.12	0.14	0.18	-49.21
ED	0.01	-120.75	0.18	-48.88					-0.12	0.13	0.17	-46.37
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.12			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.21	0.02	-87.40	0.17	-46.04			-0.12	0.14	0.18	-49.21
ED	0.01	-120.75	0.18	-48.89					-0.12	0.13	0.17	-46.37
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.12			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.22	0.02	-87.40	0.17	-46.04			-0.12	0.14	0.18	-49.22
ED	0.01	-120.76	0.18	-48.89					-0.12	0.13	0.17	-46.37
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.12			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.22	0.02	-87.40	0.17	-46.05			-0.12	0.14	0.18	-49.22
ED	0.01	-120.76	0.18	-48.89					-0.12	0.13	0.17	-46.38
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.13			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.22	0.02	-87.40	0.17	-46.05			-0.12	0.14	0.18	-49.22
ED	0.01	-120.77	0.18	-48.90					-0.12	0.13	0.17	-46.38
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.13			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.23	0.02	-87.40	0.17	-46.06			-0.12	0.14	0.18	-49.23
ED	0.01	-120.77	0.18	-48.90					-0.12	0.13	0.17	-46.39
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.13			-1.00	0.01	1.00	-0.50

[illegible]

[illegible]

[illegible]

EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.32			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.28			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.09					-0.12	0.13	0.17	-46.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.33			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.28			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.09					-0.12	0.13	0.17	-46.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.33			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.28			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.09					-0.12	0.13	0.17	-46.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.33			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.29			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.09					-0.12	0.13	0.17	-46.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.33			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.29			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.10					-0.12	0.13	0.17	-46.61
EA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
EB	0.00	-0.50	1.00	-0.39	0.00	-136.33			-1.00	0.01	1.00	-0.50
EC	0.00	-49.42	0.02	-87.40	0.17	-46.29			-0.12	0.14	0.18	-49.42
ED	0.01	-121.00	0.18	-49.10					-0.12	0.13	0.17	-46.62