



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Esquema de rechazo automático de carga por mínima
tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Giancarlo Gino PAVÓN CUELLAR

ASESOR

Mg. Delfín Genaro SUSANIBAR CELEDONIO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Pavón, G. (2021). *Esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Giancarlo Gino Pavón Cuellar
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74236411
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Delfín Genaro Susanibar Celedonio
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	16010188
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1586-8761
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alfredo Rocha Jara
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08645523
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Hugo Ávila Vargas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09295655
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jesús Huber Murillo Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206585

Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Isidro Calle: Av. Los Conquistadores N° 1144, piso 2 Latitud: -12.10800 Longitud: -77.03715
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2019 - Agosto 2019
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 037/FIEE-EPIE/2021

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, Bajo La Presidencia Del **Mg. Rocha Jara, Alfredo** integrado por el **Dr. Avila Vargas, Hugo** y el **Ing. Murillo Manrique, Jesus Huber**.

Después de escuchar la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. PAVON CUELLAR, GIANCARLO GINO** con código **Nº 13190203** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional titulada **“ESQUEMA DE RECHAZO AUTOMÁTICO DE CARGA POR MÍNIMA TENSIÓN EN EL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 kV”**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de dieciséis (16).

Ciudad Universitaria, 29 de agosto del 2021

Mg. Rocha Jara, Alfredo
Presidente de Jurado

Dr. Avila Vargas, Hugo
Miembro de Jurado

Ing. Murillo Manrique, Jesus Huber
Miembro de Jurado

RESUMEN

La motivación de la presente investigación se debe a que existen perturbaciones o contingencias en las líneas de transmisión en el sistema anillado de Piura Oeste en 60 kV que restringen suministros de energía eléctrica. Por ello, para poder mitigar estas pérdidas, este trabajo presenta un esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV que plantea la desconexión selectiva de cargas en el sistema anillado, todo esto fundamentándose en ajustes de mínima tensión en los relés de las subestaciones asociadas. Asimismo, los ajustes de las funciones de sobrecorriente direccional de fases de las líneas que conforman este sistema anillado coordinarán adecuadamente con el esquema de rechazo propuesto, permitiendo tener una alternativa de solución ante esta problemática local de la zona de Piura Oeste.

Para la elaboración del esquema primero se realizó una investigación de los conceptos teóricos involucrados, se recolectó la información necesaria para actualizar el sistema eléctrico de análisis, así como todos los estudios eléctricos necesarios para validar el óptimo funcionamiento del esquema propuesto.

Se concluye que, ante una contingencia en el sistema de análisis, el esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión opera de manera correcta.

Palabras clave: Mínima tensión, rechazo de carga, coordinación de protecciones, contingencias, ajustes de protección.

ABSTRACT

The motivation for this research is due to the fact that there are disturbances or contingencies in the transmission lines in the Piura Oeste ring system at 60 kV that restrict electricity supplies. Therefore, in order to mitigate these losses, this work presents an automatic load rejection scheme due to minimum voltage in the 60 kV Piura Oeste ringed system that proposes the selective disconnection of loads in the ringed system, all of this based on minimum adjustments. voltage on the relays of the associated substations. Likewise, the adjustments of the directional phase overcurrent functions of the lines that make up this ringed system will coordinate adequately with the proposed rejection scheme, allowing an alternative solution to this local problem in the Piura Oeste area.

For the elaboration of the scheme, first an investigation of the theoretical concepts involved was carried out, the necessary information was collected to update the electrical analysis system, as well as all the electrical studies necessary to validate the optimal operation of the proposed scheme.

It is concluded that, in the event of a contingency in the analysis system, the automatic rejection scheme for minimum voltage operates correctly.

Keywords: Minimum voltage, load rejection, protection coordination, contingencies, protection adjustments.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo del informe.....	1
1.2. Estructura del informe.....	1
CAPÍTULO II	3
INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1. Institución donde se desarrolló la actividad.....	3
2.2. Periodo de la duración de la actividad.....	3
2.3. Finalidad y objetivos de la entidad.....	3
2.4. Razón social.....	3
2.5. Dirección postal.....	4
2.6. Correo electrónico del profesional a cargo.....	4
CAPÍTULO III.....	5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1. Organización de la actividad.....	5
3.2. Finalidad y objetivos de la actividad.....	5
3.2.1. Finalidad	5
3.2.2. Objetivos	5
3.3. Problemática.....	6
3.3.1. Problema general	8
3.3.2. Problemas específicos.....	8
3.3.3. Justificación e Importancia de la Investigación	8
3.4. Metodología.....	9
3.4.1. Bases Teóricas	9

3.4.2. Marco Conceptual.....	12
3.5. Procedimiento.....	14
3.5.1. Recopilación y verificación de datos.....	15
3.5.2. Modelado de la red de estudio.....	15
3.5.3. Coordinación de las protecciones de sobrecorriente direccional de fases	15
3.5.4. Definición del porcentaje de carga a rechazar según simulaciones dinámicas	15
3.6. Resultado de la actividad	16
CAPÍTULO IV	17
CONCLUSIONES.....	17
4.1. Justificación.....	17
4.2. Metodología aplicada	17
4.2.1. Evaluación técnica.....	17
4.3. Descripción de la implementación.....	34
4.4. Conclusiones.....	36
CAPÍTULO V.....	37
RECOMENDACIONES.....	37
CAPÍTULO VI.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	38
CAPÍTULO VII.....	40
ANEXOS	40

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: SUBESTACIONES ELÉCTRICAS A SER MONITOREADAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	16
TABLA 2: DEMANDA ELÉCTRICA DEL SISTEMA EN ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	20
TABLA 3: DEMANDA ELÉCTRICA S.E. LA HUACA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	20
TABLA 4: CARGABILIDAD EN LAS LÍNEAS DE 60 KV EN EL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	21
TABLA 5: PERFIL DE TENSIONES EN EL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	22
TABLA 6: PERFIL DE TENSIONES EN EL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 KV ANTE CONTINGENCIAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	24
TABLA 7: AJUSTES ACTUALES Y PROPUESTOS DE LA FUNCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE FASES (67) EN LAS LÍNEAS DEL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	26
TABLA 8: AJUSTES ACTUALES Y PROPUESTOS DE LA FUNCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES (50/51) DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE LA SUBESTACIÓN PIURA OESTE 220/60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	28
TABLA 9: PERFILES DE TENSION EN LAS SUBESTACIONES DEL SISTEMA ANILLADO PIURA OESTE 60 KV ANTE LA DESCONEXIÓN DE UN PORCENTAJE DE CARGA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	32
TABLA 10: AJUSTES DE MÍNIMA TENSION DE LAS C.H. POECHOS I, II Y C.H. CURUMUY. FUENTE: AECp-2018.	33

TABLA 11: AJUSTES PROPUESTOS PARA EL ESQUEMA DE RECHAZO AUTOMÁTICO DE CARGA POR MÍNIMA TENSIÓN EN EL SISTEMA ANILLADO PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 34

TABLA 12: COMPARATIVA DEL NIVEL DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ANILLADO PIURA OESTE 60 KV ANTE LA ACTUACIÓN DEL ESQUEMA PROPUESTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 35

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:**REGISTRO DE POTENCIA GENERADA DE LA C.T. TABLAZO, MEDIDO EN EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE LA S.E. TABLAZO. FUENTE: SCADA-COES 18
- FIGURA 2:**SISTEMA ANILLADO EN LA SE. PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 19
- FIGURA 3:**CURVA P-V CORRESPONDIENTE AL SISTEMA ANILLADO DE PIURA OESTE 60 KV. FUENTE: DIGSILENT POWER FACTORY. 23

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo del informe

El sistema anillado de Piura Oeste 60 kV, conformado por las subestaciones Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo – Paita Industrial – Paita, presenta un alto consumo de energía por lo que, ante la desconexión de una de sus líneas y/o pérdida de generación en la zona, se presentan caídas de tensión en las subestaciones eléctricas y sobrecargas de las líneas, originando la desconexión de las otras líneas en servicio.

Por lo tanto, es necesario implementar un esquema de desconexión de carga, efectuando la coordinación de protecciones de la función de sobrecorriente direccional de fases de las líneas que conforman el sistema anillado para que ante una falla las líneas en servicio no disparen por sobrecarga, además de proponer ajustes de mínima tensión para mitigar los efectos de contingencias en la zona de estudio.

1.2. Estructura del informe

En el capítulo I se detalla una pequeña introducción del problema encontrado en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV.

En el capítulo II se presenta la descripción del centro de labores en donde se realizó la presente actividad.

En el capítulo III, se presentan la finalidad y objetivos de la actividad. Asimismo, se plantea la problemática, se precisa el problema general, problemas específicos y los objetivos a los que se desea llegar; igualmente se comenta la justificación e importancia de la investigación. Se expone los aspectos teóricos importantes que son

necesarios para fundamentar el presente trabajo. Por último, se desarrolla todo el procedimiento para resolver la problemática indicada.

En el capítulo IV, se presenta las conclusiones a que se arribó el presente trabajo, así como la metodología aplicada en la investigación y la descripción de la implementación del esquema.

En el capítulo V, se describen las recomendaciones para este trabajo.

En el capítulo VI, finalizando el presente trabajo, se citan las diferentes bibliografías usadas en el presente trabajo.

CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1. Institución donde se desarrolló la actividad

Las actividades vistas en el presente trabajo se realizaron en la empresa COES - SINAC.

2.2. Periodo de la duración de la actividad

Las actividades del presente trabajo se realizaron desde el mes de marzo 2019 hasta agosto 2019.

2.3. Finalidad y objetivos de la entidad

Coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo.

2.4. Razón social

La razón social de la empresa en donde se realizó el presente trabajo es: COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.

2.5. Dirección postal

Dirección Legal: AV. Los Conquistadores N° 1144, piso 2

Distrito: San Isidro

Departamento: Lima – Perú

2.6. Correo electrónico del profesional a cargo

El profesional a cargo tiene el siguiente correo electrónico: yjacome@coes.org.pe

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. Organización de la actividad

De acuerdo con los objetivos del presente trabajo de suficiencia profesional, las actividades se organizaron de la siguiente manera:

- Recolección de datos.
- Modelado de la red de estudio.
- Coordinación de las protecciones de sobrecorriente direccional de fases.
- Definición del porcentaje de carga a rechazar.

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1. Finalidad

El presente trabajo tiene por finalidad presentar el esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV, planteando la desconexión selectiva de cargas ante las diversas contingencias que se podrían presentar.

3.2.2. Objetivos

3.2.2.1. Objetivo general. Realizar un esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo – Paita Industrial – Paita en 60 kV.

3.2.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar el porcentaje de carga necesario a desconectar para que el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV opere dentro de un rango aceptable luego de una contingencia.
- Revisar y proponer cambios en los ajustes de los relés de sobrecorriente direccional de fases de las líneas de transmisión que conforman el anillo de la S.E. Piura Oeste 60 kV para su correcta coordinación con el esquema propuesto.

3.3. Problemática

Un sistema eléctrico de potencia está conformado por generadores que suministran la energía, el sistema de transmisión que se encarga de transportar esta energía a los centros de carga, y finalmente los usuarios finales, que pueden ser grandes industrias u hogares. La operación de estos sistemas se debe dar en rangos de operación aceptables, monitoreando en todo momento las variables eléctricas como son la frecuencia y la tensión.

Sin embargo, la desconexión súbita de las líneas de transmisión o pérdida de generación puede que el nuevo escenario de operación se encuentre cercano al punto de inestabilidad del sistema, originando un posible colapso.

Un sistema ingresa a un estado de inestabilidad de tensión cuando luego de una perturbación, un incremento de carga o un cambio en la condición de operación o topología del sistema, provoca una progresiva e incontrolable caída en la tensión.

El sistema anillado en 60 kV conformado por las subestaciones Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo – Paita Industrial – Paita presenta una operación en estado normal cercana a las tolerancias permitidas ($\pm 5\%$ de la tensión nominal) por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) debido a la alta demanda, esta condición de operación fue informada por la empresa de distribución

de la zona. Además, sumado a la falta de compensación reactiva de la zona y la no ejecución de importantes proyectos de transmisión como lo es la Subestación Chira 220/60/33/10 kV (Plan de Inversiones 2017-2021), publicado por el OSINERGMIN que permitía darle mayor confiabilidad al sistema anillado de Piura Oeste 60 kV, hace que ante la desconexión de alguna línea de transmisión o pérdida de generación en la zona de análisis nos acerquemos al punto de colapso por tensión en este sistema generando una posible desconexión de carga en las subestaciones comprometidas. Eventos de fallas anteriores en la zona, muestran que ante la desconexión de la línea L-6698 (Piura Oeste – Sullana) por actuación de su protección de sobrecorriente, debido a la disminución de generación de la C.T. Tablazo de 27 MW a 4.9 MW. Seguidamente, el incremento del flujo de potencia en la línea L-6662B (El Arenal – La Huaca) originó la desconexión de la línea por su actuación de su protección de sobrecorriente, produciéndose la interrupción de carga con un total de 50.46 MW, ocasionando que las industrias y usuarios de la zona queden sin suministro eléctrico. Esto conlleva a pérdidas económicas que las empresas involucradas en aquellos eventos (concesionarios de generación, transmisión y/o distribución) deberán compensar a aquellos usuarios afectados, luego de un análisis de asignación de responsabilidades realizado por el COES, en base al Procedimiento Técnico-40 y la NTCSE. El no realizar ninguna medida respecto a estas contingencias, puede generar la operación del sistema en análisis cercana al punto de inestabilidad de tensión produciéndose un colapso con la posterior desconexión total de las cargas, lo cual se debe evitar.

Existen muchos países en donde se tienen implementados esquemas de rechazo de carga por mínima tensión sistémicos para evitar apagones en las ciudades importantes del país. Estos esquemas proporcionan un umbral de tensión y tiempo de actuación para que los relés (equipos de protección) actúen y desconecten cargas.

En el ámbito nacional, actualmente existe un esquema de rechazo de carga automático por mínima tensión en la zona de Lima que se elabora anualmente. Este esquema evita el colapso por tensión de dicha zona. Es elaborado por el COES-SINAC, operador del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Peruano.

Según lo expuesto, el presente trabajo realiza un esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV a fin de desconectar aquellas cargas que permitan operar de una manera adecuada el sistema

de análisis y dar continuidad de servicio a las otras, luego de una desconexión de una línea de transmisión o pérdida de generación en la zona de estudio.

3.3.1. Problema general

¿De qué manera un esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión permite operar el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV de una manera adecuada y dar continuidad de servicio a las demás cargas luego de una pérdida de generación o salida intempestiva de una línea de transmisión?

3.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el porcentaje de carga necesario a desconectar para que el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV opere dentro de un rango aceptable luego de una contingencia?
- ¿Cómo influye la coordinación de protecciones de sobrecorriente direccional de fases en las líneas de transmisión que conforman el anillo de Piura Oeste de 60 kV en el esquema propuesto?

3.3.3. Justificación e Importancia de la Investigación

El presente trabajo se justifica porque permite tener una alternativa de solución ante la pérdida de generación o desconexiones de cualquiera de las líneas de transmisión que conforman el anillo de Piura Oeste 60 kV. Esto evitará la desconexión total y/o parcial de cargas de la zona, en el cual se encuentran usuarios regulados y libres. Así mismo, nos permite revisar los ajustes actuales de los relés de sobrecorriente direccional de fases de las líneas de transmisión que conforman el sistema anillado en 60 kV y proponer los cambios necesarios en los ajustes actuales para que la coordinación de protecciones de las líneas de transmisión sea segura y selectiva. Asimismo, la investigación ha permitido indagar sobre la información más actualizada referente a nuestra variable de estudio y comparar las diferentes técnicas utilizadas en otros países.

Justificación Teórica

El presente trabajo se elabora con el propósito de aportar el conocimiento necesario sobre los esquemas de rechazos de carga.

Justificación Práctica

El presente trabajo se realiza porque existe la necesidad de reducir las interrupciones de suministros eléctricos en el sistema anillado en 60 kV de la S.E. Piura Oeste, con un esquema de desconexión automática de carga por mínima tensión.

Justificación Metodológica

El presente trabajo propone una metodología para la elaboración de un esquema de rechazo de carga por mínima tensión, esta podría ser utilizada en otros trabajos de investigación.

3.4. Metodología**3.4.1. Bases Teóricas**

Renuga, Azah, Hussain e Izham (2014) realizaron una investigación titulada “Revisión de los esquemas de reducción de carga de bajo voltaje en la operación del sistema de potencia”, con el objetivo de presentar los esquemas UVLS (Desconexión de carga por mínima tensión) y describir de manera general los principios de funcionamiento que son cruciales en el diseño de dichos esquemas de protección, desarrollada según los parámetros de enfoque cuantitativo, de tipo sustantivo, no experimental, utilizando una matriz de observación. El estudio arribó a las siguientes observaciones:

- El esquema UVLS es aplicado como una medida de seguridad en situaciones en las que se anticipa un colapso de voltaje y puede potencialmente resultar en un colapso total del sistema.
- Este esquema es el último recurso en términos de contramedidas de protección iniciadas después de agotar todos los otros métodos.
- Cada etapa se caracteriza por el umbral de voltaje, la cantidad de carga y el retraso antes del disparo.

Masood, Qazi, Mohd y Nayyar (2016) realizaron una investigación titulada “Esquema de deslastre de carga de bajo voltaje para proporcionar estabilidad de voltaje”, con el objetivo de proporcionar un diseño de relé lógico UVLS (Desconexión de carga por mínima tensión) que maneje de manera eficiente en la condición de emergencia sin afectar las limitaciones del sistema de energía, desarrollada según los parámetros de enfoque cuantitativo, de tipo proyectivo, no experimental, el trabajo de campo fue realizado en un sistema de prueba de 9 barras con 3 máquinas generadoras, utilizando una matriz de observación. El estudio arribó a las siguientes observaciones:

- La reducción de la carga de bajo voltaje (UVLS), que es un medio de bajo costo para evitar el colapso del sistema, desempeña un papel vital en el control del sistema de energía cuando un sistema está sujeto a grandes perturbaciones.
- Esta investigación revisó exhaustivamente los esquemas UVLS y los resultados de la simulación indican claramente la mejora en el perfil de voltaje después de activar el esquema UVLS en las barras del sistema.

COES (2019) realizó un estudio titulado “Estudio de Rechazo automático de carga/generación del SEIN- Año 2020” con el objetivo de establecer anualmente los esquemas de rechazo automático de carga para prever situaciones de inestabilidad en el sistema eléctrico peruano, desarrollada según parámetros de enfoque cuantitativo, de tipo proyectivo, experimental, el trabajo fue realizado en el sistema eléctrico peruano, utilizando una matriz de observación. El estudio arribó a las siguientes conclusiones:

- Con el ERACMT propuesto se evita el colapso por tensión de la zona de Lima.
- El ERACMT se activó antes de que actúen las protecciones de distancia de las líneas involucradas en la zona afectada, por la caída de tensión, y antes de que desconecten los servicios auxiliares de las unidades de generación cercanas.
- Las tensiones luego de la actuación del ERACMT permitieron la sincronización de unidades de emergencia.

Kanimozhi, Selvi y Balaji (2014) realizaron una investigación titulada “Enfoque multi-objetivo para la eliminación de carga basada en el índice de estabilidad de voltaje”, con el objetivo de presentar un algoritmo de deslastre de carga basado en un índice

computacionalmente simple que utiliza un algoritmo genético de suma ponderada en el que no se puede encontrar una solución de flujo de energía para las condiciones de estrés, desarrollada según parámetros de enfoque cuantitativo, de tipo proyectivo, no experimental, el trabajo de campo fue realizado en el sistema IEEE de 30 barras y en el sistema de Tamil Nadu de 69 barras correspondiente a la India, utilizando una matriz de observación. El estudio arribó a las siguientes conclusiones:

- Se ha propuesto un algoritmo de optimización para determinar la ubicación óptima y la cantidad de carga eliminada para retener el margen de solvencia de la solución de flujo de potencia.
- La eliminación de la carga es el mejor remedio para evitar que el sistema se caiga completamente. Para evitar el colapso de la tensión, cuando el sistema se encuentra en una emergencia no corregible, el último recurso es la eliminación de la carga.
- Las barras débiles que se identifican con NVSI (Nuevo índice de Estabilidad de Voltaje) han demostrado ser una ubicación óptima de la carga eliminada y también el algoritmo genético de suma ponderada para garantizar la menor cantidad de ubicaciones y la cantidad mínima de carga eliminada en las ubicaciones seleccionadas.

Okhueigbe y Ogbekhiulu (2017) realizaron una investigación titulada “Utilización de esquemas de reducción de la carga de baja frecuencia (UFLS) y de reducción de la carga de bajo voltaje (UVLS) para mejorar el nivel de tensión en las subestaciones de inyección”, con el objetivo de analizar la cuestión de rechazo de carga planteada en los proveedores de servicios públicos de Nigeria, desarrollada según los parámetros de enfoque cuantitativo, de tipo sustantivo, no experimental, el trabajo de campo fue realizado en el sistema de potencia de Nigeria, utilizando una matriz de observación. El estudio arribó a la siguiente conclusión:

- De los datos de resultados de las simulaciones dadas, está claro que la calidad de la energía en el nivel de distribución violó el rango de voltaje estipulado o aceptable, lo que pone en peligro el equipo doméstico y las propiedades de la ciudadanía del país de Nigeria.

3.4.2. Marco Conceptual

3.4.2.1. Rechazo de Carga por mínima tensión. Renuga, Azah, Hussain e Izham (2014, p.1) conceptualizan el Rechazo de carga por mínima tensión como: Una medida de seguridad para evitar un colapso generalizado de voltaje en el caso de un grave déficit en las reservas de energía reactiva del área local o de todo el sistema. UVLS se ha convertido en la estrategia preferida de las empresas de energía, ya que es una solución rentable para abordar los problemas de estabilidad de voltaje.

3.4.2.2. Potencia Activa. Alexander y Sadiku (2006, p. 474) conceptualizan a la potencia activa como: “la potencia promedio en watts suministrada a una carga; es la única potencia útil. Es la verdadera potencia disipada en la carga”.

3.4.2.3. Potencia Reactiva. Sadiku (2006, p. 474) conceptualiza a la potencia reactiva como: Una medida del intercambio de energía entre la fuente y la parte reactiva de la carga. La unidad es el volt-ampere reactivo (Var). Cabe señalar que: $Q=0$ en cargas resistivas (factor de potencia unitario), $Q<0$ en cargas capacitivas (factor de potencia en adelantado) y $Q>0$ en cargas inductivas (factor de potencia en atraso).

3.4.2.4. Usuarios. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2009, p.4) define a los usuarios como: "los consumidores finales de electricidad localizados en el Perú".

3.4.2.5. Protección de sobrecorriente. El Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Peruano (2018, p.16) define a la protección de sobrecorriente como: Aquella protección que mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las sobrecorrientes que se pueden producir en un cortocircuito. El tiempo de actuación de esta protección es una función del valor de la corriente y puede ser:

De tiempo definido cuando se supera un umbral previamente calibrado. En este caso su operación puede ser instantánea (función 50) o temporizada (función 51).

De tiempo inverso cuya operación depende del tiempo según una función exponencial establecida por la siguiente expresión:

$$t = TMS. \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_S}\right)^\alpha} + C \right)$$

Donde:

T=Tiempo de actuación del Relé (variable dependiente)

I=Corriente que mide el Relé (variable independiente)

α = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

I_s = Corriente de Arranque del Relé.

TMS= Constante de ajuste del Relé.

K=Parámetro que define la curva característica de operación del Relé.

C= Constante de ajuste del Relé.

3.4.2.6. Protección de mínima tensión. El Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Peruano (2018, p.21) define a la protección de mínima tensión como: Aquella protección que mide permanentemente la tensión de cada fase con la finalidad de detectar las tensiones que son mayores o menores que las del rango normal de operación. Si las tensiones son menores que las del rango establecido se tiene una protección de subtensión o mínima tensión (función 27). El tiempo de actuación de esta protección es una función del valor de la tensión y puede ser:

Tiempo Definido: Cuando se supera un umbral previamente calibrado. En este caso su operación puede ser instantánea o temporizada.

Para la protección de subtensión (función 27)

$$V < V_{SET-UNDER} \quad t = T_{UNDER}$$

Tiempo Inverso: Cuya operación depende del tiempo según una función exponencial establecida por las normas, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$t = TMS \cdot \left(\frac{1}{\left(\frac{V}{V_s} - 1 \right)} \right)$$

Donde:

t= Tiempo de actuación del Relé (variable dependiente)

V=Tensión que mide el Relé (variable independiente)

V_s = Tensión de Arranque del Relé.

TMS= Constante de ajuste del Relé.

3.4.2.7. Tensión. Sadiku (2006, p. 9) conceptualiza a la tensión como: “la energía (o trabajo) necesaria para mover una carga unitaria desde a hasta b; matemáticamente,

$$v_{ab} \approx \frac{dw}{dq}$$

Donde w es la energía en joules (J), y q es la carga en coulombs (C). La tensión V_{ab} o simplemente v , se mide en volts (V)”.

3.4.2.8. Nivel de Tensión. El Ministerio de Energía y Minas (2011, p.16) define a los niveles de tensión como “uno de los valores de tensión nominal utilizados en un sistema eléctrico dado”.

3.4.2.9. Contingencias. El Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Peruano (2017 , p.6) define a las contingencias como “la pérdida intempestiva de uno o más elementos del Sistema de Transmisión o Unidades de Generación; así como a la pérdida de bloques de demanda, ocasionada por una falla u otro evento”.

3.4.2.10. Simulación. Bolton (1971, p.11) conceptualiza a la simulación como “un método para acercarse a la realidad. Su utilidad es múltiple en especial para los propósitos educacionales, de capacitación y de investigación”.

3.4.2.11. Estabilidad de Tensión. Kundur (1994, p. 27) define a la estabilidad de tensión como: La capacidad de un sistema de energía para mantener voltajes aceptables estables en todas las barras del sistema bajo condiciones normales de operación y luego de ser sometido a una perturbación. Un sistema entra en un estado de inestabilidad de voltaje cuando una perturbación, un aumento en la demanda de carga o un cambio en el estado del sistema causan una caída de voltaje progresiva e incontrolable. El principal factor que causa la inestabilidad es la incapacidad del sistema de energía para satisfacer la demanda de energía reactiva.

3.5. Procedimiento

Se describe el procedimiento a seguir para elaborar el esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión:

3.5.1. Recopilación y verificación de datos

Revisión de la información brindada en la base de datos DigSILENT (información de la Base de datos de Estudios de Operatividad DigSILENT Power Factory versión 2017 publicada en el Portal Web del COES). Se compara esta información con la información brindada por la empresa distribuidora. En caso de encontrar grandes desviaciones, se actualiza la información. Toda esta información deberá ser plasmada en cuadros resumen, la cual pasará a formar parte de la información base del estudio.

3.5.2. Modelado de la red de estudio

Se ha realizado simulaciones en estado estacionario y dinámico para verificar el comportamiento de las variables eléctricas cuando ocurre alguna contingencia en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV. Esto se realiza a través del programa computacional DigSILENT Power Factory versión 2017.

3.5.3. Coordinación de las protecciones de sobrecorriente direccional de fases

Se revisa y actualiza los ajustes de las protecciones de sobrecorriente direccional de fases de las líneas de transmisión pertenecientes al sistema anillado de Piura Oeste 60 kV con el fin de coordinar con el esquema automático propuesto.

3.5.4. Definición del porcentaje de carga a rechazar según simulaciones dinámicas

Mediante la realización de simulaciones en el dominio del tiempo, se verá el comportamiento de las variables del sistema (tensión, corriente, potencia activa, etc.) cuando se desconecte una porción de carga de una subestación ante alguna contingencia en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV. Se realiza cuadros y gráficas para resumir tales resultados. Se propone el porcentaje de carga a rechazar, el umbral de tensión y el umbral de tiempo de la función de subtensión (27) en aquella subestación que de acuerdo con los análisis es necesario desconectar automáticamente.

3.6. Resultado de la actividad

Luego de realizar los pasos del procedimiento se identificó las subestaciones en donde se realizaron todos los estudios indicados.

Tabla 1: Subestaciones eléctricas a ser monitoreadas. Fuente: Elaboración Propia.

	TOTAL
S.E. Piura Oeste 60 kV	1
S.E. La Huaca 60 kV	1
S.E. El Arenal 60 kV	1
S.E. Tablazo 60 kV	1
S.E. Paita 60 kV	1
S.E. Paita Industrial 60 kV	1
S.E. Sullana 60 kV	1

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

4.1. Justificación

Ante la desconexión de alguna línea de transmisión que conforma el sistema anillado de Piura Oeste en 60 kV, se implementa un esquema de rechazo de carga por mínima tensión que permitirá la desconexión selectiva de aquellas cargas que sobrepasen un umbral de tensión mostrados en el presente trabajo, así evitando la pérdida total de la carga en las subestaciones afectadas.

4.2. Metodología aplicada

4.2.1. Evaluación técnica

Los resultados son aplicados al sistema anillado en Piura Oeste 60 kV, en donde el siguiente trabajo verificará la correcta coordinación de protecciones de sobrecorriente direccional de fases y se obtendrá un esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión.

4.2.1.1. Análisis del evento

El día 10.01.2019 a las 13:40:16 h se produjo la desconexión de la línea L-6698 (Piura Oeste-Sullana) de 60 kV en el extremo de la S.E. Piura por actuación de su protección de sobrecorriente, debido a la disminución de generación de la C.T. Tablazo de 27 MW a 4.9 MW. Seguidamente, se incrementó el flujo de potencia en la línea L-6662B (Arenal – La Huaca) lo cual originó su desconexión en el extremo de la S.E. Arenal

por actuación de su protección de sobrecorriente. Como consecuencia, se interrumpió una carga total de 50,46 MW; asimismo, desconectó la C.T. Tablazo por falla en su sistema de control (Ver Figura 1).

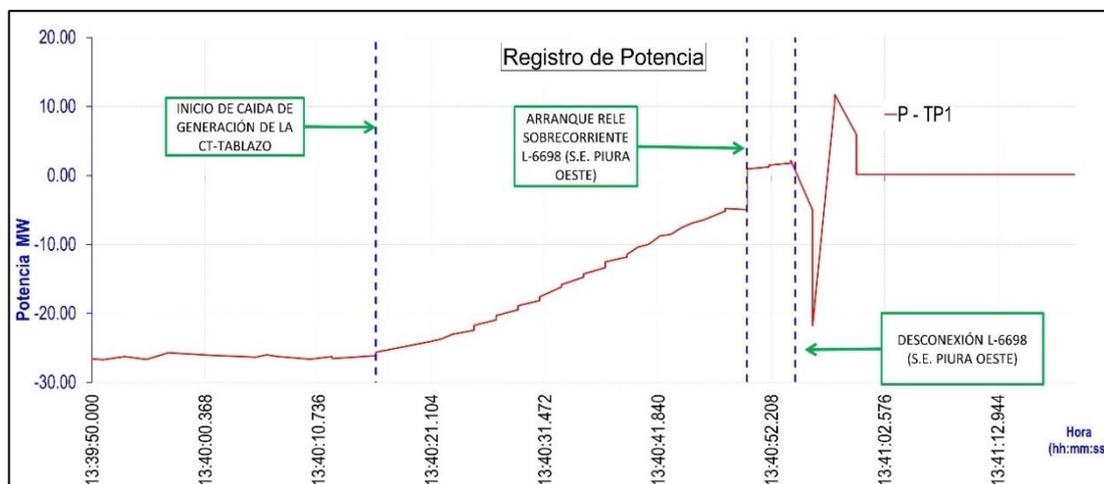


Figura 1: Registro de Potencia generada de la C.T. Tablazo, medido en el transformador de potencia de la S.E. Tablazo. Fuente: SCADA-COES

Según el Informe COES/D/DO/SEV/IT-002-2019 emitido por el COES, con el fin de evitar caídas de tensión y sobrecargas que originen la desconexión de líneas, el COES recomendó a ENOSA implementar un esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Tensión en el sistema anillado en 60 kV formado por las subestaciones Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo –Paita Industrial – Paita. Este esquema deberá coordinar con los ajustes de los relés de sobrecorriente de fase de las líneas que conforman el sistema anillado con la finalidad de obtener una desconexión de carga selectiva.

4.2.1.2. Descripción del Sistema Eléctrico en la S.E. Piura Oeste 60 kV

En la S.E. Piura Oeste existe un sistema anillado en 60 kV conformado por las subestaciones Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo – Paita Industrial – Paita (Ver Figura 2). Actualmente, ante la desconexión de alguna línea

que conforme el anillo o la pérdida de generación de alguna central de la zona, se produce una caída de tensión en las subestaciones de 60 kV, con la posterior desconexión de cargas por actuación de sus protecciones de sobrecorriente.

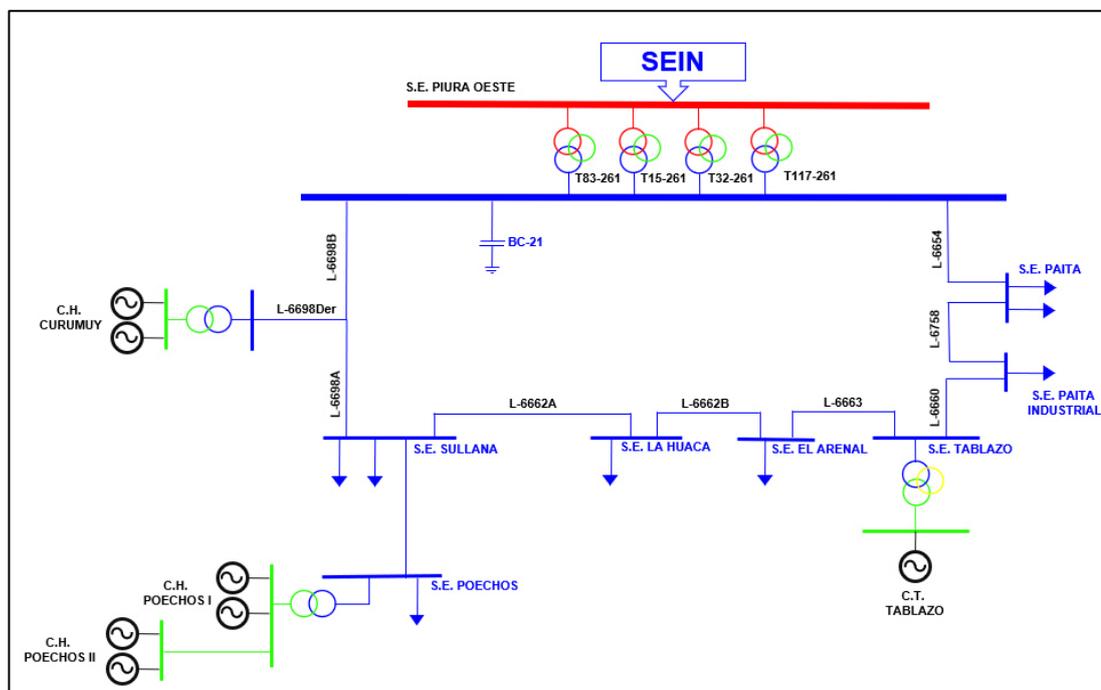


Figura 2: Sistema Anillado en la SE. Piura Oeste 60 kV. Fuente: Elaboración Propia.

4.2.1.3. Información empleada

Se utiliza la base de datos proporcionada por el Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (COES –SINAC).

Luego, se procede a actualizar la demanda de la zona para los casos de estudio de Máxima Demanda. Los datos fueron proporcionados por ENOSA y contrastados con los datos del SCADA-COES. Los valores obtenidos se muestran a continuación. (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Demanda Eléctrica del sistema en estudio. Fuente: Elaboración Propia.

Carga	Subestación	MW	MVAR
lod Tierra Colorada	Tierra Colorada	10.5	2.1
lod Paita60	Paita	22.88	10.4
lod Paita industrial	Paita Industrial	14.22	5.6
lod Arenal60	El Arenal	7	3
lod Sullana23	Sullana	13.47	5.47
lod Sullana10		28.31	5.55
lod Poech60	Poechos	6.42	1.35
lod Lomas_Quiroz			
	TOTAL	102.8	33.47

Con respecto a la carga en la S.E. La Huaca se consideró la mejor información disponible. (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Demanda Eléctrica S.E. La Huaca. Fuente: Elaboración Propia.

Carga	Subestación	MW	MVAR
Lod Huaca60	La Huaca	6.45	1.09

Con las tablas anteriores se obtiene que la demanda total del sistema anillado es de 109.25 MW y 34.56 MVAR.

4.2.1.4. Análisis de flujo de potencia en el área de estudio

Antes de comenzar el análisis eléctrico se debe tener en cuenta las siguientes premisas en el estudio:

- La C.T. Tablazo opera en modo de control P-Q, despachando 10 MVAR de potencia reactiva.
- Se considera el rango de tolerancia establecida por la NTCSE (+- 5% tensión nominal).

- Ante la salida intempestiva de una línea de transmisión o una unidad de generación del sistema anillado de Piura Oeste 60 kV, las otras líneas de transmisión no deberán salir de servicio por sobrecarga.

Asimismo, se presentan los siguientes criterios de desempeño:

Estado de Operación Normal:

Las tensiones de operación de los equipos instalados en las subestaciones deberán estar dentro del rango $\pm 5\%$ de la tensión nominal de diseño de las barras. En el caso de las barras del sistema de transmisión, las tensiones en Estado Normal deben estar en el rango de $\pm 2.5\%$ de las tensiones de operación.

En las líneas de transmisión y en los transformadores de potencia no se admiten sobrecargas.

Estado de Contingencia:

La variación de la tensión de operación debe estar en el rango de 0.9 y 1.1 p.u. en todas las barras con tensiones nominales de 220 y 500 kV.

La variación de la tensión de operación debe estar en el rango de 0.9 y 1.05 p.u. en las barras con tensión igual o menor de 138 kV.

El límite de sobrecarga para las líneas de transmisión y transformadores de potencia es del 120% de su potencia nominal.

a) Estudio de Flujo de Potencia

Con la demanda actualizada se realiza el análisis de flujo de potencia para mostrar las condiciones normales de operación en el sistema anillado, con la finalidad de evaluar los niveles de tensión en las barras y el porcentaje de las líneas de transmisión.

Los resultados del flujo de potencia en las líneas de transmisión y el perfil de tensiones se muestran en las siguientes tablas (Ver tabla N° 4 y tabla N° 5).

Tabla 4: Cargabilidad en las líneas de 60 kV en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV.
Fuente: Elaboración Propia.

	Nivel de Cargabilidad (%)
L-6654	66.10
L-6758	11.59
L-6660	44.66
L-6663	15.64

	Nivel de Cargabilidad
	(%)
L-6662B	8.93
L-6662A	17.15
L-6698A	85.94
L-6698B	74.82
L-6668	23.04

Al observar la Tabla N° 4, en estado estacionario no se presentan sobrecargas en ningún escenario analizado.

Tabla 5: Perfil de tensiones en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV. Fuente: Elaboración Propia.

	Nivel de Tensión	
	Máxima Demanda	
	[kV]	[p.u.]
PIURA OESTE 60A	61.31	1.02
PAITA 60	53.06	0.88
PAITA INDUSTRIAL 60	53.27	0.89
TABLAZO 60	54.30	0.91
ARENAL 60	54.17	0.90
LA HUACA 60	54.59	0.91
SULLANA 60	56.44	0.94
POECHOS 60	59.53	0.99

De la Tabla N° 5, se observa que las tensiones en las barras de 60 kV en estado estacionario se encuentran por debajo de la tolerancia establecida por la NTCSE (menores a 0.95 p.u.), esto se debe a la escasa compensación reactiva presente en este sistema. En el Anexo A, se muestra el diagrama de flujo de potencia del sistema en análisis.

De la Figura N° 3, en donde se muestra la curva P-V del sistema anillado de Piura Oeste 60 kV, se observa que desde el inicio de la simulación las tensiones de las barras

se encuentran por debajo de 0.95 p.u. y conforme se incrementa la demanda los perfiles de tensión empeoran.

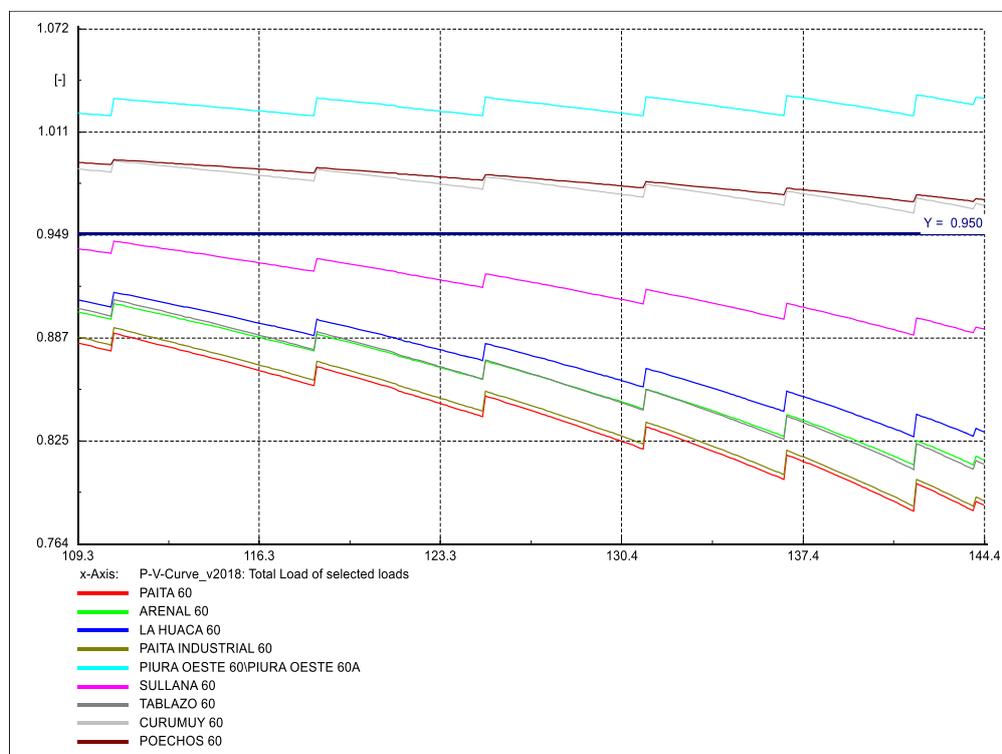


Figura 3: Curva P-V correspondiente al Sistema anillado de Piura Oeste 60 kV. Fuente: DigSILENT Power Factory.

Esta condición de operación fue informada por la empresa de distribución de la zona, indicando que se presentan estos niveles de tensión debido al incremento de la demanda, en ese sentido, se observa que ante la desconexión intempestiva de la C.T. Tablazo o desconexión de una línea de transmisión que deje al sistema en forma radial agrava los problemas de bajas tensiones en la zona. Cabe resaltar que la responsabilidad de regular la tensión en las redes de distribución recae en los titulares de dichas redes.

b) Estudio de análisis de contingencias.

Ante la desconexión de una de las líneas que conforman el sistema anillado en 60 kV de la S.E. Piura Oeste y/o pérdida de generación en la zona (C.T. Tablazo) se produce

una elevada caída de tensión en la zona. Las contingencias más severas que se presentan en esta zona son las siguientes:

- **Contingencia 1:** Fuera de Servicio L-6654 (Piura Oeste – Paita).
- **Contingencia 2:** Fuera de servicio L-6660 (Paita Industrial – Tablazo).
- **Contingencia 3:** Fuera de servicio L-6698 (Piura Oeste – Sullana).
- **Contingencia 4:** Fuera de servicio C.T. Tablazo.

Los resultados del análisis de contingencias se muestran en la siguiente tabla (Ver tabla N° 6)

Tabla 6: Perfil de tensiones en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV ante contingencias.
Fuente: Elaboración Propia.

	NIVELES DE TENSIÓN (p.u.)						
	PAITA	PAITA INDUSTRIAL	TABLAZO	EL ARENAL	LA HUACA	SULLANA	PIURA OESTE 60A
F/S L-6654	0.64	0.66	0.69	0.72	0.76	0.88	1.01
F/S L-6660	0.75	0.74	1.02	1.00	0.98	0.95	0.98
F/S L-6698	0.74	0.73	0.73	0.7	0.69	0.68	0.99
F/S C.T. TABLAZO	0.77	0.76	0.77	0.78	0.8	0.87	0.96

Se observa que los perfiles de tensión son bajos (por debajo de 0.8 p.u.). Ver el anexo B, para mayor detalle.

4.2.1.5. Análisis de coordinación de las protecciones en el área de estudio

a) Revisión de ajustes de la protección de sobrecorriente direccional de fases

El propósito del esquema será la actuación de los relés de mínima tensión ante la desconexión de una línea o pérdida de generación en la zona. Estos ajustes deberán actuar antes que los ajustes de sobrecorriente direccional de fases de las líneas de 60 kV del sistema anillado.

Criterios generales de protección

La protección de sobrecorriente direccional de fase (67) es similar a la de sobrecorriente no direccional, por lo que los criterios se toman respecto al documento “Criterios de Ajustes y Coordinación de los Sistemas de protección del SEIN, publicado por el COES.

Para líneas de transmisión

Para determinar los ajustes de las protecciones de una línea, se debe simular las fallas en las barras de ambos extremos de la línea, que se denominan local (close-in) y remota (far-end).

Criterios de Ajustes

Se define el ajuste de la protección de sobrecorriente direccional de fases.

- Se considera un 150% de la corriente nominal de la línea protegida.

Criterios de coordinación

Se define los tiempos de operación de la siguiente manera:

- Tiempo para extremo cercano igual a Zona 1.
- Tiempo para extremo alejado igual a la Zona 2.

Debido al incremento de la demanda de la zona, se observa que ante contingencias (N-1), con los ajustes actuales, los relés de sobrecorriente direccional de fases de las líneas del sistema anillado llegan a operar desconectando grandes cantidades de carga. Para evitar la actuación de esta protección ante contingencias, se recomienda incrementar la corriente de arranque (Pickup) y por consiguiente se ve la necesidad del cambio del dial de los ajustes de sobrecorriente direccional de fases con la finalidad de no alterar la coordinación con instalaciones cercanas. Estos incrementos en el pickup tuvieron en cuenta la capacidad de la línea y la capacidad de los transformadores de corriente.

Los ajustes a utilizar como punto de partida se muestran en la Tabla N°6. Estos ajustes fueron enviados por ENOSA, asimismo se ha utilizado el Estudio de Coordinación de Protecciones del Estudio de Operatividad “Interconexión de la Central Térmica SDE

Piura con el SEIN a través de la línea Arenal – Paita en 60 kV”, presentado por Sudamericana de Energía (SDE) y los ajustes enviados por Agrícola El Chira para obtener los ajustes faltantes. Los ajustes existentes y propuestos son:

Tabla 7: Ajustes actuales y propuestos de la función de sobrecorriente direccional de fases (67) en las líneas del sistema anillado de Piura Oeste 60 kV. Fuente: Elaboración Propia.

			AJUSTE ACTUALES	AJUSTES PROPUESTOS
L-6654	PAITA	Pickup (A)	210	210
		Dial (s)	0.07	0.07
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	702	702
		dial	0.2	0.2
		Curve	Definite Time	Definite Time
	PIURA OESTE	Pickup (A)	576	720
		Dial (s)	0.12	0.11
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	1904	1904
Dial (s)		0.1	0.1	
L-6758	PAITA	Pickup (A)	432	720
		Dial (s)	0.1	0.05
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	1560	-
		dial	0.2	-
		Curve	Definite Time	-
	PAITA INDUSTRIAL	Pickup (A)	402	402
		Dial (s)	0.08	0.08
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	1800	1800
		dial	0.2	0.2
		Curve	Definite Time	Definite Time
L-6660	TABLAZO	Pickup (A)	402	600
		Dial (s)	0.13	0.05
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	2160	-
		Dial (s)	0.2	-
		Curve	Definite Time	-
	PAITA INDUSTRIAL	Pickup (A)	402	720

			AJUSTE ACTUALES	AJUSTES PROPUESTOS
		Dial (s)	0.07	0.03
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	1410	1410
		Dial (s)	0.2	0.2
		Curve	Definite Time	Definite Time
L-6663	EL ARENAL	Pickup (A)	432	600
		Dial (s)	0.07	0.05
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	TABLAZO	Pickup (A)	432	720
		Dial (s)	0.08	0.08
L-6662B	LA HUACA	Pickup (A)	180	720
		Dial (s)	0.1	0.05
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	EL ARENAL	Pickup (A)	246	654
		Dial (s)	0.13	0.06
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
L-6662A	SULLANA	Pickup (A)	378	720
		Dial (s)	0.14	0.07
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	HUACA	Pickup (A)	180	600
		Dial (s)	0.07	0.05
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	-	600
Dial (s)	-	1		
Curve	-	Definite Time		
L-6698	PIURA OESTE	Pickup (A)	504	720
		Dial (s)	0.1	0.08
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
		Pickup (A)	2400	2400
		Dial (s)	0.1	0.1
		Curve	Definite Time	Definite Time
	SULLANA	Pickup (A)	240	240
		Dial (s)	0.11	0.11
		Curve	Normal inverse	Normal inverse

Tabla 8: Ajustes actuales y propuestos de la función de sobrecorriente de fases (50/51) de los transformadores de potencia de la Subestación Piura Oeste 220/60 kV. Fuente: Elaboración Propia.

			AJUSTE ACTUALES	AJUSTES PROPUESTOS
T15-261	220 kV	Pickup (A)	171	171
		Dial (s)	0.18	0.18
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	60 kV	Pickup (A)	1800	1800
		Dial (s)	0.1	0.1
		Curve	Definite Time	Definite Time
T32-261	220 kV	Pickup (A)	625	625
		Dial (s)	0.13	0.13
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	60 kV	Pickup (A)	171	171
		Dial (s)	0.18	0.18
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
T83-261	220 kV	Pickup (A)	1800	1800
		Dial (s)	0.1	0.1
		Curve	Definite Time	Definite Time
	60 kV	Pickup (A)	625	625
		Dial (s)	0.13	0.13
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
T117-261	220 kV	Pickup (A)	340	340
		Dial (s)	0.16	0.16
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	60 kV	Pickup (A)	2600	2600
		Dial (s)	0.1	0.1
		Curve	Definite Time	Definite Time
T117-261	220 kV	Pickup (A)	1248	1248
		Dial (s)	0.1	0.1
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
	60 kV	Pickup (A)	342	342
		Dial (s)	0.16	0.16
		Curve	Normal inverse	Normal inverse
60 kV	Pickup (A)	2604	2604	
	Dial (s)	0.1	0.1	
	Curve	Definite Time	Definite Time	
60 kV	Pickup (A)	1245	1245	
	Dial (s)	0.1	0.1	
	Curve	Normal inverse	Normal inverse	

Los cambios de ajustes de sobrecorriente direccional de fase son sustentados a continuación:

- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L- 6654 (Piura Oeste – Paita) en el extremo de la S.E. Piura Oeste de **576 a 720** amperios, debido a que la línea L-6654 debe soportar toda la carga de la S.E. Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR), S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. El Arenal (7 MW y 3MVAR), S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR) y S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR). Se aumenta el dial de **0.08 s a 0.11 s** para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L- 6758 (Paita – Paita Industrial) en el extremo de la S.E. Paita de 432 a 720 amperios, debido a que la línea L-6578 debe soportar toda la carga de la S.E. Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR), S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. El Arenal (7 MW y 3MVAR) y S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR). Se disminuye el dial de 0.1 s a 0.05 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6660 (Paita Industrial – Tablazo) en el extremo de la S.E. Tablazo de 402 a 600 amperios, debido que ante la desconexión de la línea L- 6654 (Piura Oeste – Tablazo), la línea L-6660 debe soportar toda la carga de la S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR) y S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR). Se reduce el dial de 0.13 a 0.05 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6660 (Paita Industrial – Tablazo) en el extremo de la S.E. Paita Industrial de 402 a 720 amperios, debido a que la línea L-6660 debe soportar toda la carga de la S.E. Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR), S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR) y S.E. El Arenal (7 MW y 3MVAR). Se disminuye el dial de 0.07 s a 0.03 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6663 (El Arenal – Tablazo) en el extremo de la S.E. El Arenal de 432 a 600

amperios, debido a que la línea L-6663 debe soportar toda la carga de la S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR) y S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR). Se reduce el dial de 0.07 a 0.05 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.

- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L- 6663 (El Arenal – Tablazo) en el extremo de la S.E. Tablazo de 432 a 720 amperios, debido a que la línea L-6663 debe soportar toda la carga de la S.E. Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR, caso más crítico), S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR), S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR) y S.E. El Arenal (7 MW y 3MVAR).
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6662B (La Huaca – El Arenal) en el extremo de la S.E. La Huaca de 180 a 720 amperios, debido a que la línea L-6662B debe soportar toda la carga de la S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR), S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR) y la S.E. El Arenal (7MW y 3MVAR). Se reduce el dial de 0.1 s a 0.05 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6662B (La Huaca – El Arenal) en el extremo de la S.E. El Arenal de 246 a 654 amperios, debido a que la línea L-6662B debe soportar toda la carga de la S.E. Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR), S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR) y S.E. La Huaca (6.45MW y 1.09 MVAR). Se reduce el dial de 0.13 s a 0.06 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6662A (Sullana – La Huaca) en el extremo de la S.E. Sullana de 378 a 720 amperios, debido a que la línea L-6662A debe soportar toda la carga de la S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR), S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR), la S.E. El Arenal (7MW y 3MVAR) y la S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR, caso más crítico). Se reduce el dial de 0.14 s a 0.07 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.
- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6662A (Sullana – La Huaca) en el extremo de la S.E. La Huaca de 180 a 600 amperios, debido a que la línea L-6662A debe soportar toda la carga de la S.E.

Sullana (6.45 MW y 1.09 MVAR) y S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR). Se reduce el dial de 0.07 s a 0.05 s para que coordine con los demás ajustes propuestos. Se agregó una etapa de tiempo definido de pickup 600 A con dial de 1 s para que el tiempo de actuación ante falla en la SE Sullana no sea tan elevado.

- Se incrementa la corriente de pickup del ajuste de sobrecorriente de fases de la línea L-6698 (Piura Oeste – Sullana) en el extremo de la S.E. Piura Oeste de 504 a 720 amperios, debido a que la línea L-6698 debe soportar toda la carga de la S.E. Paita Industrial (14.22 MW y 5.6 MVAR), S.E. Paita (22.88 MW y 10.4 MVAR), S.E. El Arenal (7MW y 3MVAR), S.E. La Huaca (6.45 MW y 1.09 MVAR, caso más crítico), S.E. Sullana (41.78 MW y 11.02 MVAR) y S.E. Poechos (6.42 MW y 1.35 MVAR). Se reduce el dial de 0.1 s a 0.08 s para que coordine con los demás ajustes propuestos.

Los resultados de la verificación de la coordinación de protecciones de la función de sobrecorriente de fases en las líneas del sistema anillado Piura Oeste 60 kV se muestran en el Anexo C. Se debe resaltar que no se modifica los ajustes de sobrecorrientes de fases de los transformadores de potencia de la Subestación Piura Oeste 220/60/10 kV. (Ver Tabla 8).

b) Cálculo de los ajustes de mínima tensión.

Los ajustes propuestos de mínima tensión son calculados para el nivel de tensión de 60 kV, será responsabilidad de la empresa de distribución de la zona la manera de implementar y elegir que alimentadores desconectar para cumplir dicho esquema. Para obtener la cantidad de carga necesaria a rechazar, la metodología utilizada consiste en rechazar un porcentaje total de la carga en aquellas subestaciones donde el nivel de tensión esté por debajo de 0.8 p.u. Luego de la desconexión de un porcentaje de carga en la simulación en el dominio del tiempo se verifica los niveles de tensión y sobrecarga en el área de análisis.

De acuerdo con los resultados del Estudio de Análisis de contingencias mostrados en la Tabla N°6., las SS.EE. Paita, Paita Industrial y Sullana son las que presentan los valores más bajos de tensión, por lo tanto, en estas tres subestaciones se hará el rechazo automático de carga y se verá el perfil de tensión en las barras del sistema en estudio. (Ver Tabla N°9).

Tabla 9: Perfiles de tensión en las subestaciones del sistema anillado Piura Oeste 60 kV ante la desconexión de un porcentaje de carga. Fuente: Elaboración Propia.

		PERFILES DE TENSIÓN EN 60 kV						
		PAI TA	PAITA INDUSTRIA L	TABL AZO	EL ARENA L	LA HUAC A	SULL ANA	PIURA OESTE A
		[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]
F/S L-6654	20% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.72	0.73	0.76	0.78	0.81	0.90	1.02
	30% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.76	0.77	0.80	0.81	0.84	0.91	1.02
	40% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.80	0.81	0.84	0.84	0.86	0.92	1.02
	50% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.93	1.03
F/S L-6660	20% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.80	0.80	1.03	1.01	0.99	0.96	0.99
	30% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.83	0.83	1.03	1.01	0.99	0.96	1.00
	40% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.87	0.86	1.04	1.01	0.99	0.97	1.01
	50% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.90	0.89	1.04	1.02	1.00	0.97	1.01
F/S C.T. TABLAZO	20% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.81	0.81	0.81	0.82	0.83	0.89	0.97
	30% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.83	0.83	0.83	0.84	0.85	0.90	0.98
	40% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.87	0.91	0.99
	50% (PAITA Y PAITA INDUSTRIAL)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88	0.92	0.99
F/S L-6698	20% (SULLANA)	0.74	0.75	0.74	0.71	0.70	0.70	0.98
	30% (SULLANA)	0.76	0.77	0.77	0.75	0.74	0.75	0.99
	40% (SULLANA)	0.78	0.79	0.80	0.78	0.77	0.79	0.99
	50% (SULLANA)	0.80	0.81	0.82	0.81	0.81	0.83	1.00

Analizando los resultados de la tabla N° 8 se obtiene que:

- Ante la desconexión de la línea L-6660 (Tablazo – Paita Industrial) y la salida de la C.T. Tablazo, rechazando el 30% de carga en la S.E. Paita y Paita Industrial se obtiene valores aceptables de tensión (por encima de 0.8 p.u.). En caso ocurra la desconexión de la línea L-6654 (Piura Oeste – Paita), rechazando el 50% de carga en la S.E. Paita y Paita Industrial se obtiene valores aceptables de tensión (por encima de 0.8 p.u.). De acuerdo con los resultados obtenidos, se propone dos etapas de activación con umbral de 0.8 p.u. (la primera con un 30% de rechazo y la segunda

con un 20% de rechazo) para la desconexión de carga en las S.E. Paita y Paita Industrial.

- Ante la desconexión de la línea L-6698 (Piura Oeste – Sullana), rechazando el 50% de carga en la S.E. Sullana no se obtiene valores aceptables de tensión (S.E. Paita y Paita Industrial y S.E. Sullana alrededor de 0.8 p.u.). Por este motivo ante esta contingencia se deberá rechazar carga en las SS.EE. Paita, Paita Industrial y Sullana. Se propone que el porcentaje de rechazo ante esta contingencia sea de 30% en la S.E. Sullana y 30% en las S.E. Paita y Paita Industrial. Para diferenciar la desconexión de ambos rechazos se propone un tiempo de actuación diferenciado en 1 s (primero se desconectará simultáneamente en Paita y Paita industrial y luego en Sullana).

Cabe resaltar que, se ha verificado que los ajustes propuestos para la función de sobrecorriente direccional de fases de las líneas en estudio no actuaron durante las simulaciones.

Asimismo, para el esquema propuesto se debe tener en cuenta los ajustes de mínima tensión de las C.H. Poechos I, Poechos II y Curumuy (Ver Tabla 10), los cuales no deberán actuar antes que el esquema propuesto.

Tabla 10: Ajustes de mínima tensión de las C.H. Poechos I, II y C.H. Curumuy. Fuente: AECIP-2018.

SUBESTACIÓN	FUNCIÓN	ELEMENTO		AJUSTE
Poechos I (10 kV)	27	Pick up	V<	0.75
		Dial	tV<	3
		Pick up	V<<	0.5
		Dial	tV<<	1
Poechos II (10 kV)	27	Pick up	V<	disabled
		Dial	tV<	
Curumuy (10 kV)	27	Pick up	V<	0.8
		Dial	tV<	0.5

Finalmente, los ajustes propuestos se presentan en la Tabla N° 11.

Tabla 11: Ajustes propuestos para el Esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Tensión en el sistema anillado Piura Oeste 60 kV. Fuente: Elaboración Propia.

SUBESTACIÓN	FUNCIÓN	ELEMENTO		AJUSTE	% de rechazo
PAITA	27	Pick up	V<	0.8	30%
		Dial	tV<	2	
		Pick up	V<	0.8	20%
		Dial	tV<	4	
PAITA INDUSTRIAL	27	Pick up	V<	0.8	30%
		Dial	tV<	2	
		Pick up	V<	0.8	20%
		Dial	tV<	4	
SULLANA	27	Pick up	V<	0.8	30%

4.3. Descripción de la implementación

En esta parte mostraremos los resultados obtenidos al implementar los ajustes propuestos. En el archivo de simulación se ingresaron los ajustes propuestos de la función de sobrecorrientes de fases de las líneas en el sistema de análisis, asimismo, se ingresó los ajustes de mínima tensión propuestos en la tabla N° 10. A continuación se muestran los resultados (Ver Tabla N° 12).

Tabla 12: Comparativa del nivel de tensión en el sistema anillado Piura Oeste 60 kV ante la actuación del esquema propuesto. Fuente: Elaboración Propia

	TENSIÓN (p.u.)													
	PAITA		PAITA INDUSTRIAL		TABLAZO		EL ARENAL		LA HUACA		SULLANA		PIURA OESTE A	
	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema	Sin Esquema	Con Esquema
F/S L-6654	0.64	0.84	0.66	0.85	0.69	0.87	0.72	0.87	0.76	0.89	0.88	0.93	1.01	1.03
F/S L-6660	0.75	0.83	0.74	0.83	1.02	1.03	1.00	1.01	0.98	0.99	0.95	0.96	0.98	1.00
F/S C.T. TABLAZO	0.74	0.83	0.73	0.83	0.73	0.83	0.70	0.84	0.69	0.85	0.68	0.90	0.99	0.98
F/S L-6698	0.77	0.85	0.76	0.85	0.77	0.85	0.78	0.83	0.80	0.82	0.87	0.82	0.96	1.01

De la Tabla N° 12 podemos observar que ante la implementación del esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado Piura Oeste 60 kV se mejora el desempeño y la pérdida de carga es mucho menor que si no estuviera implementado el esquema. Las tensiones luego de la perturbación se estabilizan manteniendo un valor constante. Para mayor detalle en el Anexo D se muestra las simulaciones dinámicas ante las contingencias más severas que pueda darse en la zona de estudio.

4.4. Conclusiones

- Al implementar el esquema de rechazo automático de carga propuesto en el sistema anillado de Piura Oeste – Sullana – La Huaca – El Arenal – Tablazo – Paita Industrial – Paita en 60 kV se puede observar que los niveles de tensión son aceptables (mayores a 0.8 p.u.) ante una contingencia.
- Actualmente el perfil de tensiones del sistema anillado de Piura Oeste 60 kV está por debajo de la tolerancia permitida por la NTCSE (0.95 p.u.), debido a la falta de compensación reactiva de la zona.
- Ante la desconexión de las líneas L-6654 (Piura Oeste – Paita), L-6660 (Paita Industrial – Tablazo), L-6698 (Piura Oeste – Sullana) o desconexión de la C.T. Tablazo, el sistema anillado no converge, lo cual genera un colapso por tensión.
- Es necesario analizar el estudio del punto de vista de estado estacionario, así como en el dominio del tiempo para ver el desempeño del esquema de rechazo automático de carga por mínima tensión en el sistema anillado de Piura Oeste 60 kV.
- Los ajustes de los relés de sobrecorriente direccional de fases que protegen a las líneas que conforman el sistema anillado de 60 kV en la S.E. Piura Oeste deben ser modificados para no operar ante contingencias (teniendo en cuenta la capacidad de los equipos) y coordinar con el esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Tensión propuesto en este estudio.

CAPÍTULO V RECOMENDACIONES

- Los titulares de las instalaciones deben revisar las relaciones de transformación de los transformadores de corriente.
- Se recomienda asegurar la selectividad en la coordinación de protecciones de sobrecorriente direccional de fases implementando los ajustes propuestos en el presente estudio.
- Ante el cambio en la topología del sistema, se recomienda revisar los ajustes propuestos funcionamiento del esquema.

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

ALEXANDER Y SADIKU (2006). “Fundamentos de circuitos eléctricos”. México: McGraw-Hill /Interamericana Editores S.A.

BOLTON (1971). “Algunas aplicaciones de la teoría de juegos a la conducta administrativa, El empleo de la simulación en la administración educacional”. Buenos Aires: Paidós.

COES-SINAC (2017). “Glosario de abreviaturas y definiciones utilizadas en los procedimientos técnicos del COES-SINAC”. Perú.

COES-SINAC (2018). “Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del SEIN”. Perú.

COES-SINAC (2019). “Estudio de Rechazo automático de carga/generación del SEIN – Año 2020”. Perú.

HARPER (2003). “Protección de Instalaciones eléctricas industriales y comerciales”. México: Editorial Limusa S.A.

KUNDUR (1994). “Power System Stability and Control”. Estados Unidos: McGraw-Hill, Inc.

MASOOD, QAZI, MOHD Y NAYYAR (2016). “Under Voltage Load Shedding Scheme to provide voltaje stability” (Paper). Pakistán. Department of Electrical Engineering NED University of Engineering and Technology Sindh, Department of Electrical Engineering Mehran UET SZAB Campus Khairpur Mir’s, Department of Electrical Engineering Mehran UET Jamshor Sindh and Department of Electrical Engineering Government College University Faisalabad.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2011). “Código Nacional de Suministro”. Perú: Dirección General de Electricidad.

OKHUELEIGBE Y OGBEKHIULU (2017). “Utilization of Under Frequency Load Shedding (UFLS) and Under Voltage Load Shedding (UVLS) Schemes in Improving Voltage Level at Injection Substations” (Paper). Nigeria. Department of Electrical /Electronic Engineering, Federal University of Petroleum Resources Effurun.

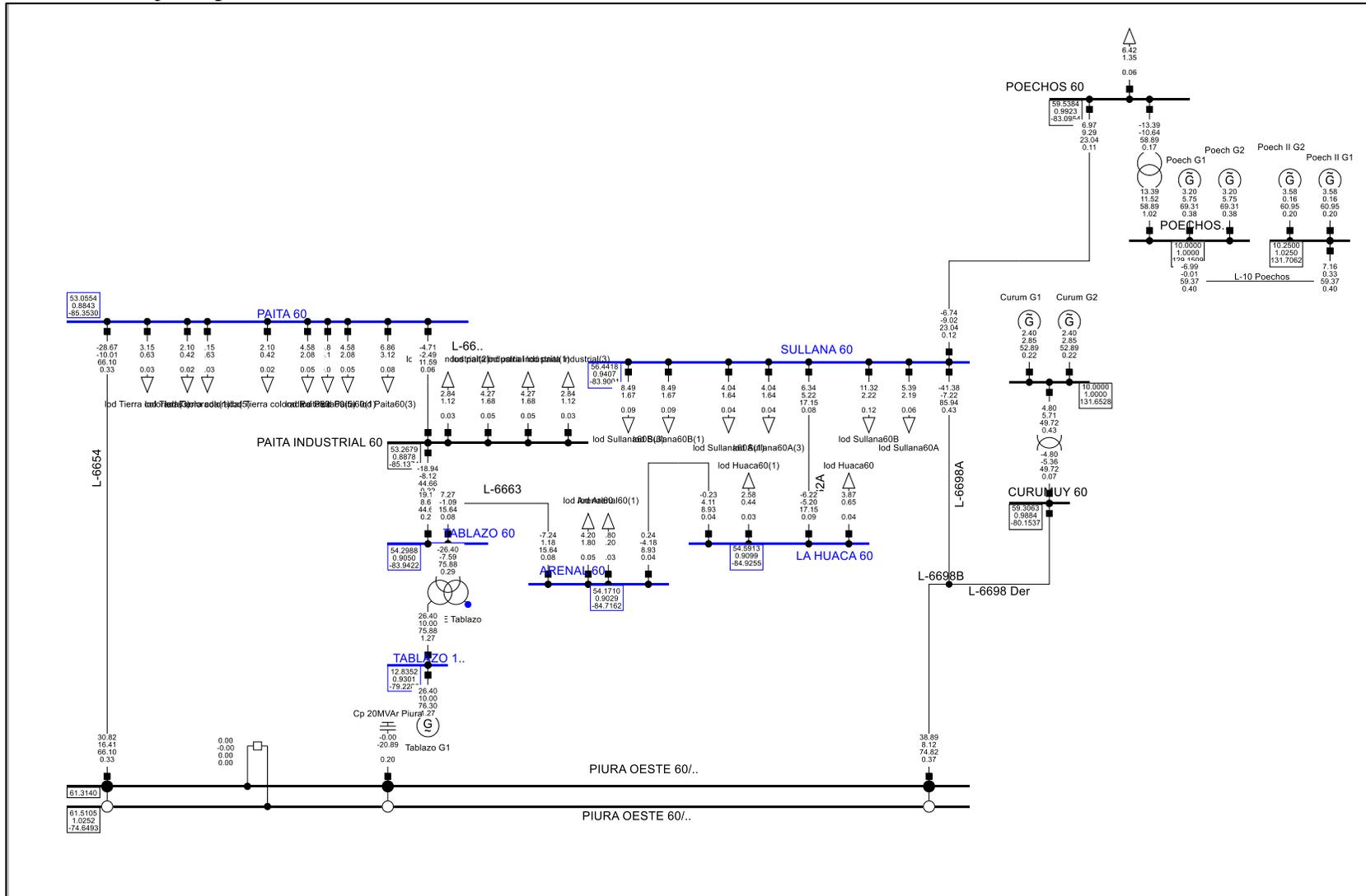
RENUGA, AZAH, HUSSAIN E IZHAM (2014). “Review of Under-Voltage Load Shedding Schemes in Power System Operation” (Paper). Malasia. University Kebangsaan Malaysia and University Tenaga Nasional.

STEVENSON Y GRAINGER (1996). *Análisis de sistemas de potencia*. México.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

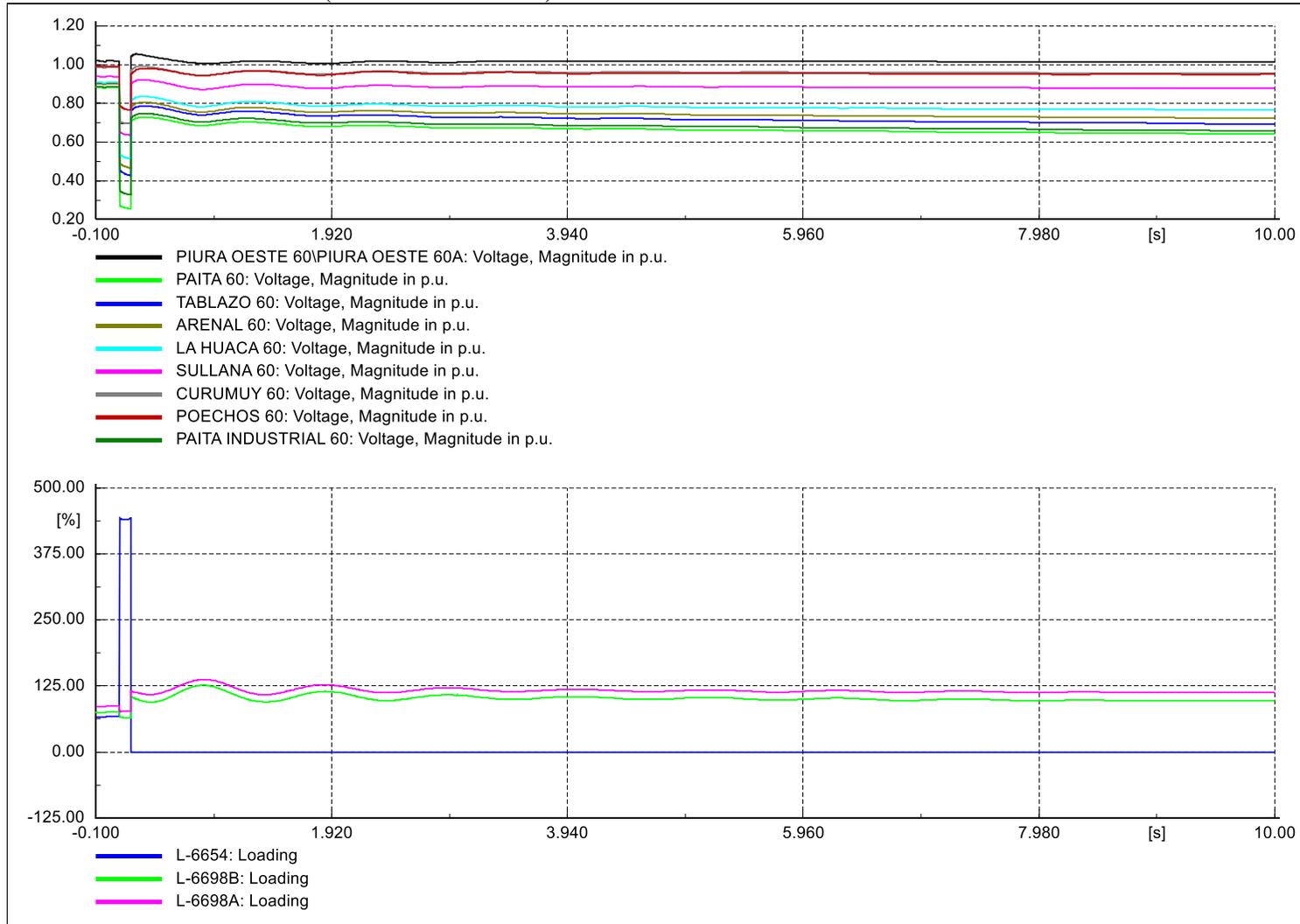
ANEXO A: Resultados del Flujo de Potencia

Resultados del flujo de potencia.

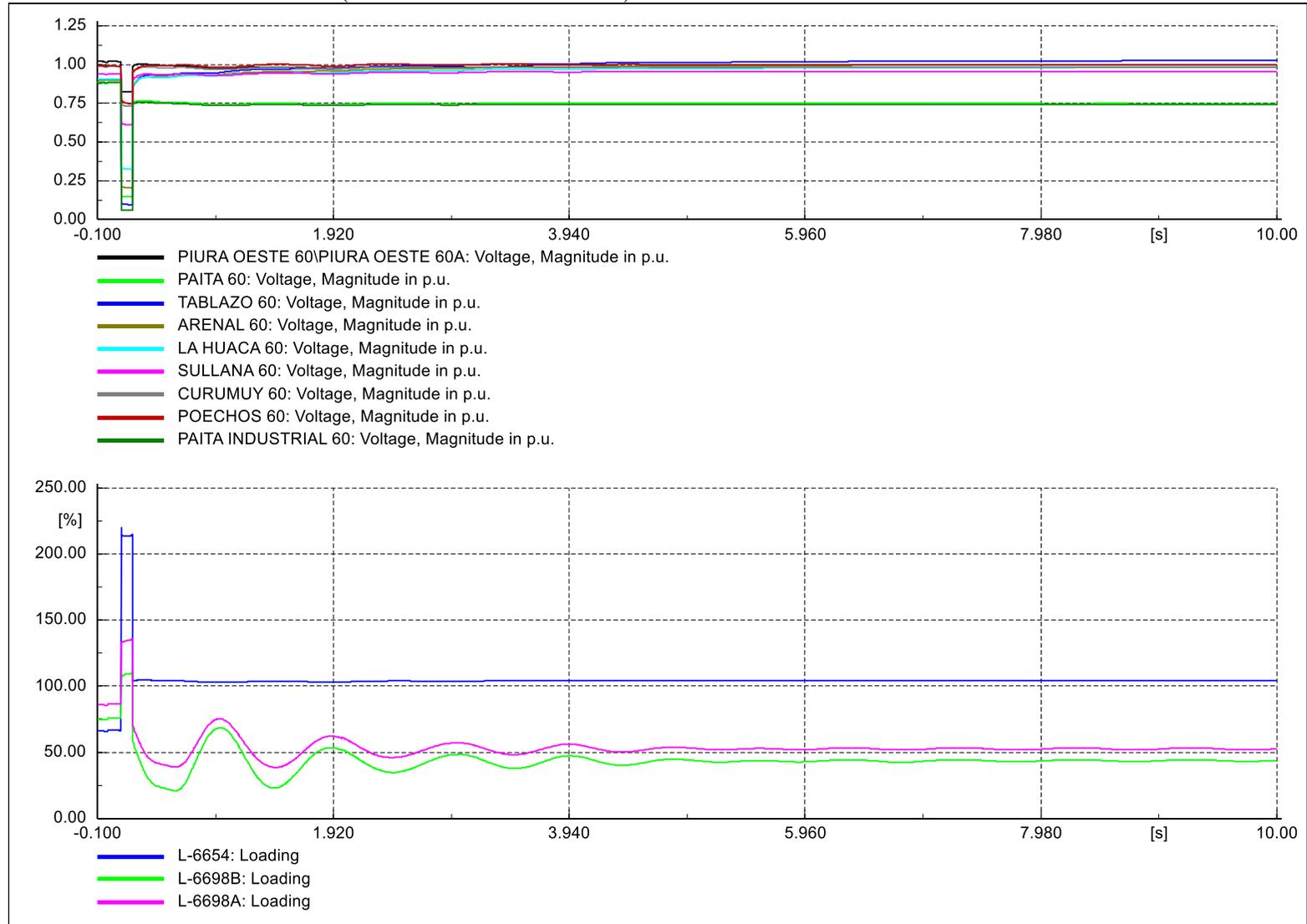


ANEXO B: Resultados del Estudio de Contingencias

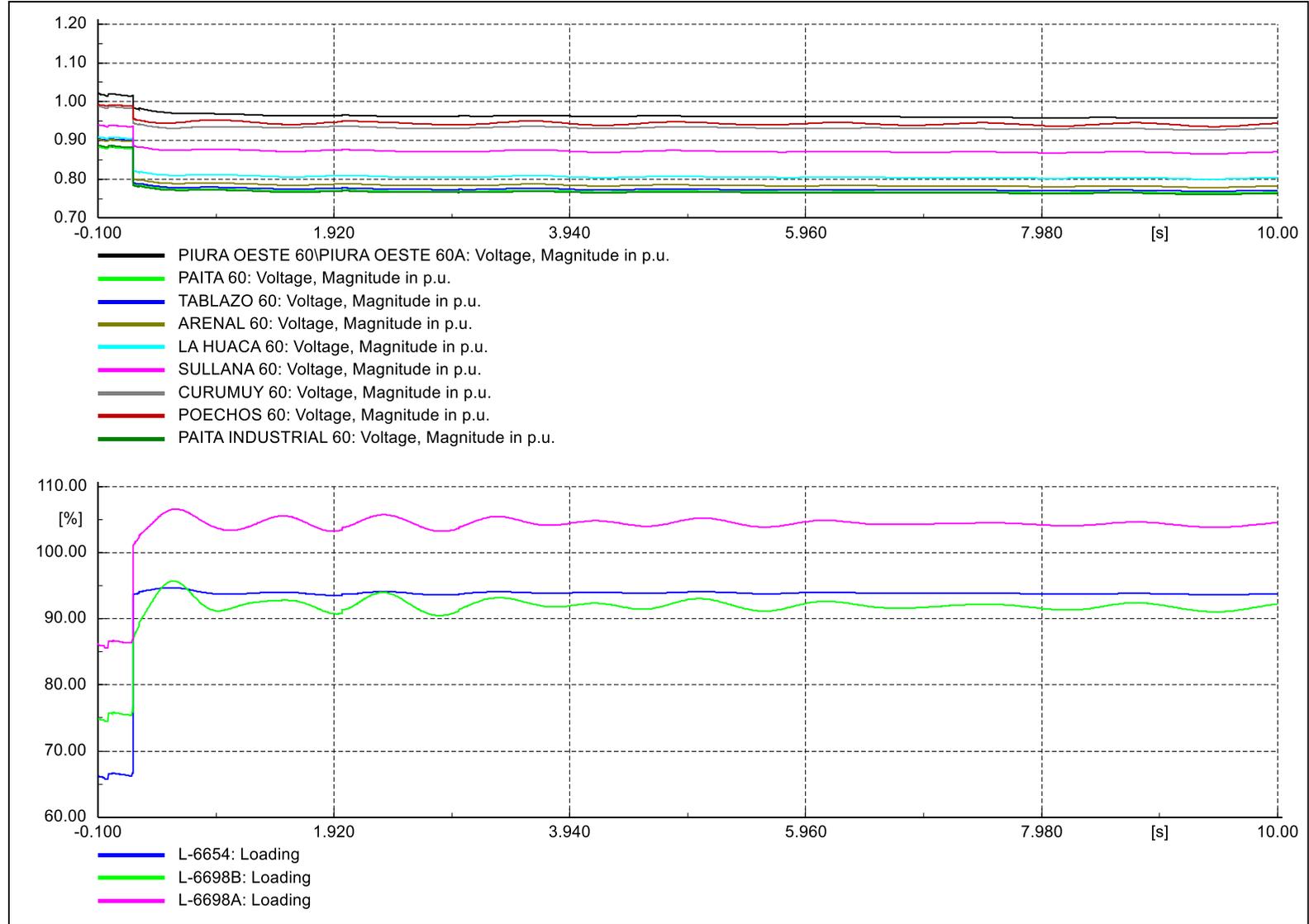
Contingencia 1: Fuera de servicio L-6654 (Piura Oeste – Paita)



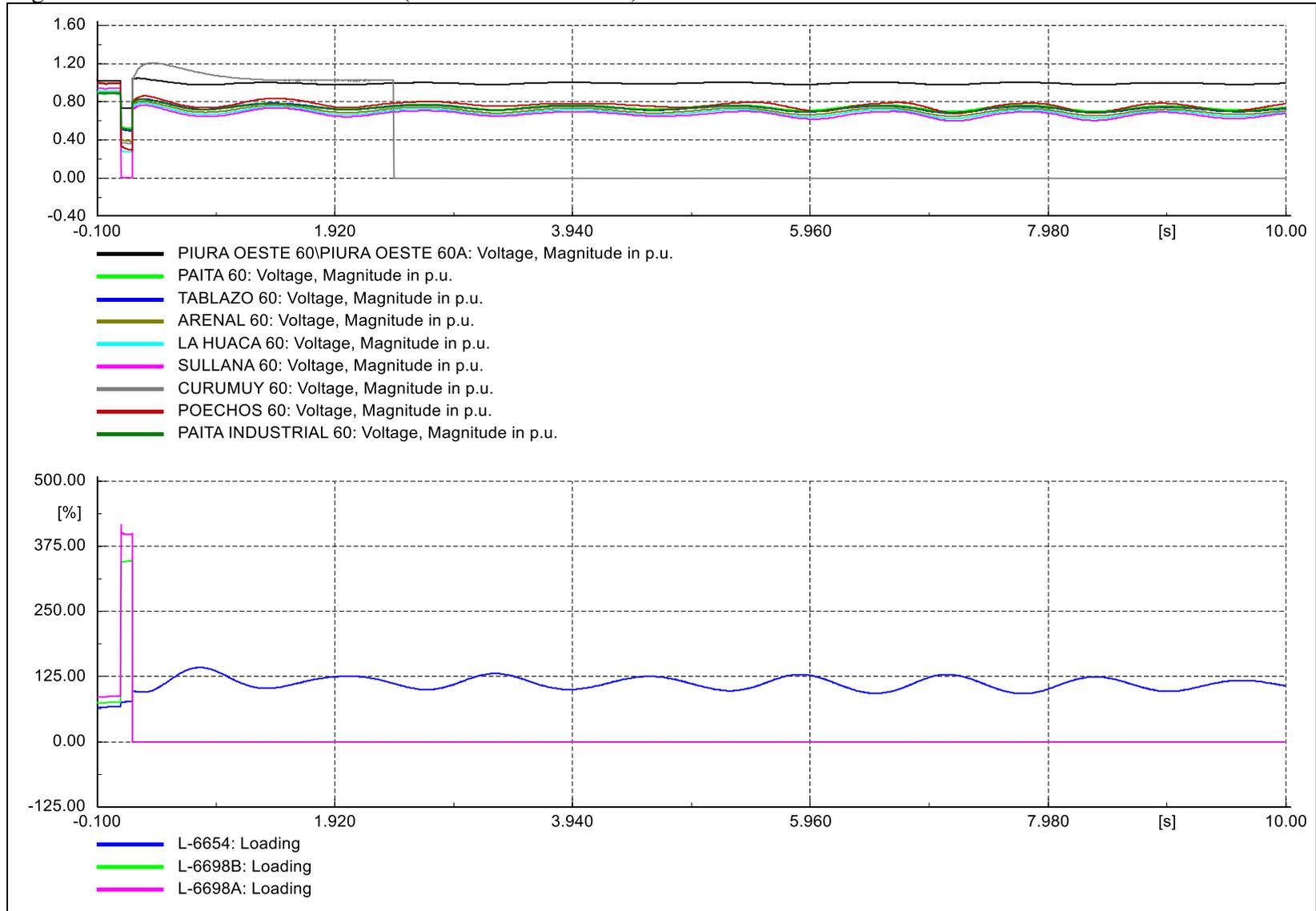
Contingencia 2: Fuera de servicio L-6660 (Paita Industrial – Tablazo)



Contingencia 3: Fuera de servicio C.T. Tablazo.

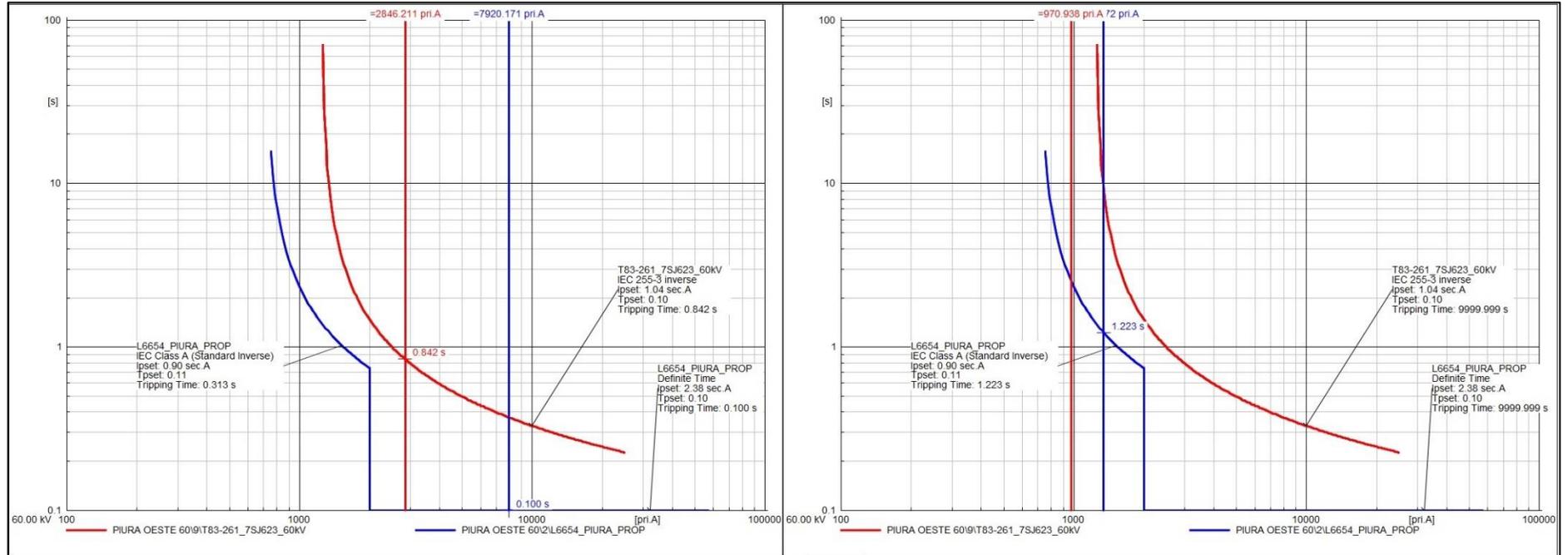


Contingencia 4: Fuera de servicio L-6698 (Piura Oeste – Sullana)

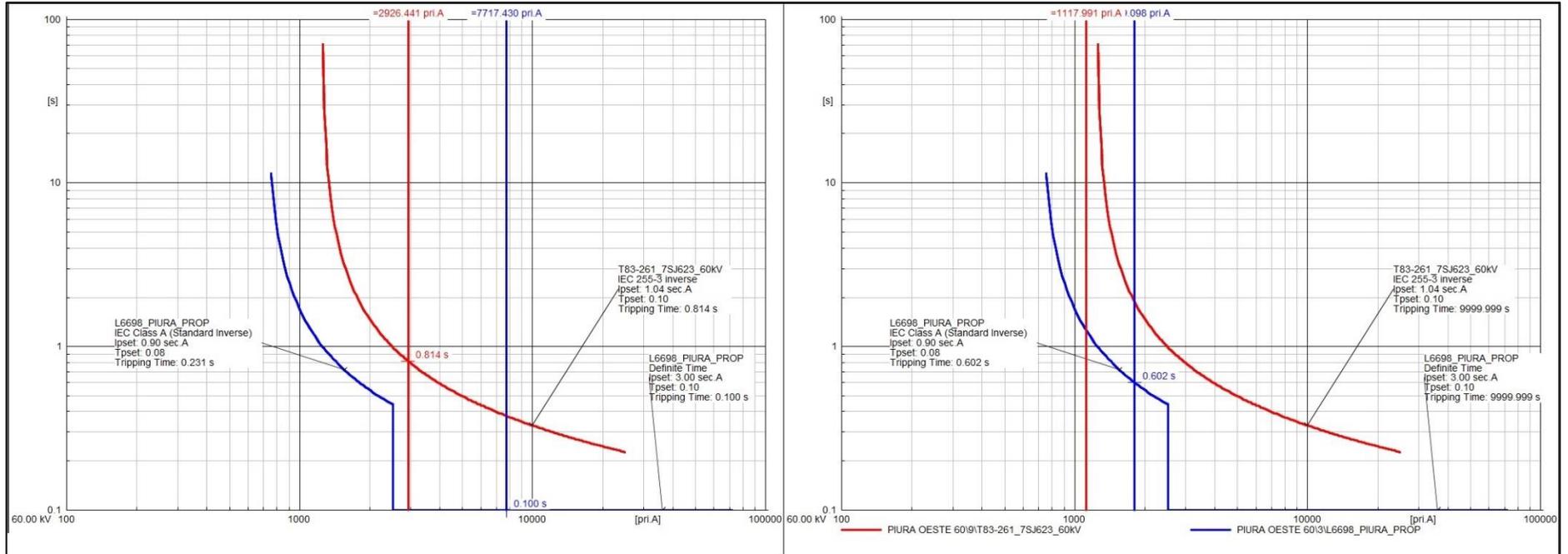


**ANEXO C: Coordinación de Protecciones de
sobrecorriente en el sistema anillado de 60 kV en la S.E.
Piura Oeste**

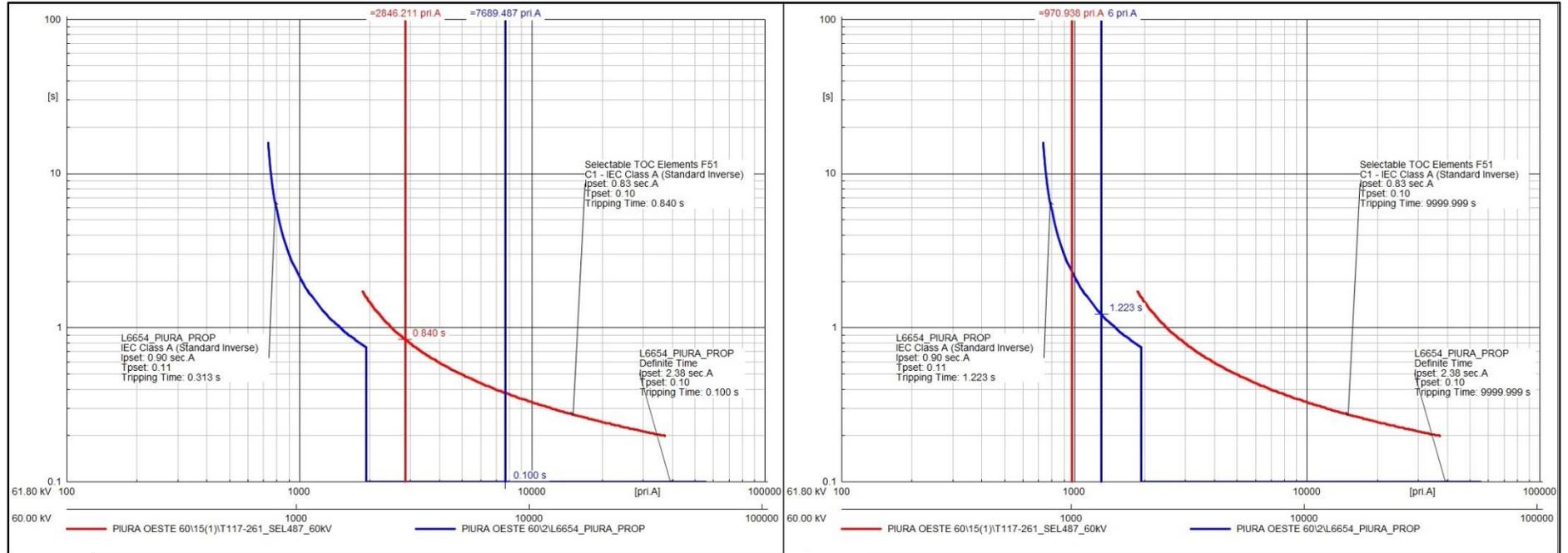
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T83-261 (Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6654 desde la S.E. Piura Oeste.



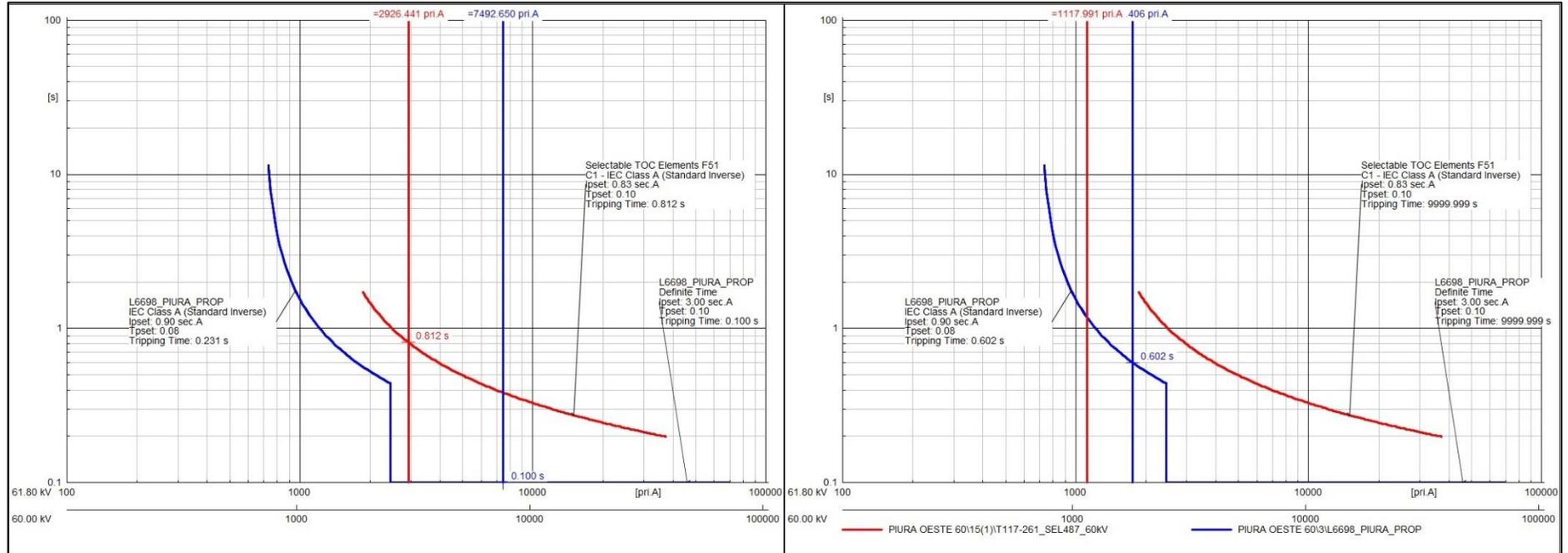
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T83-261(Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6698 desde la S.E. Piura Oeste.



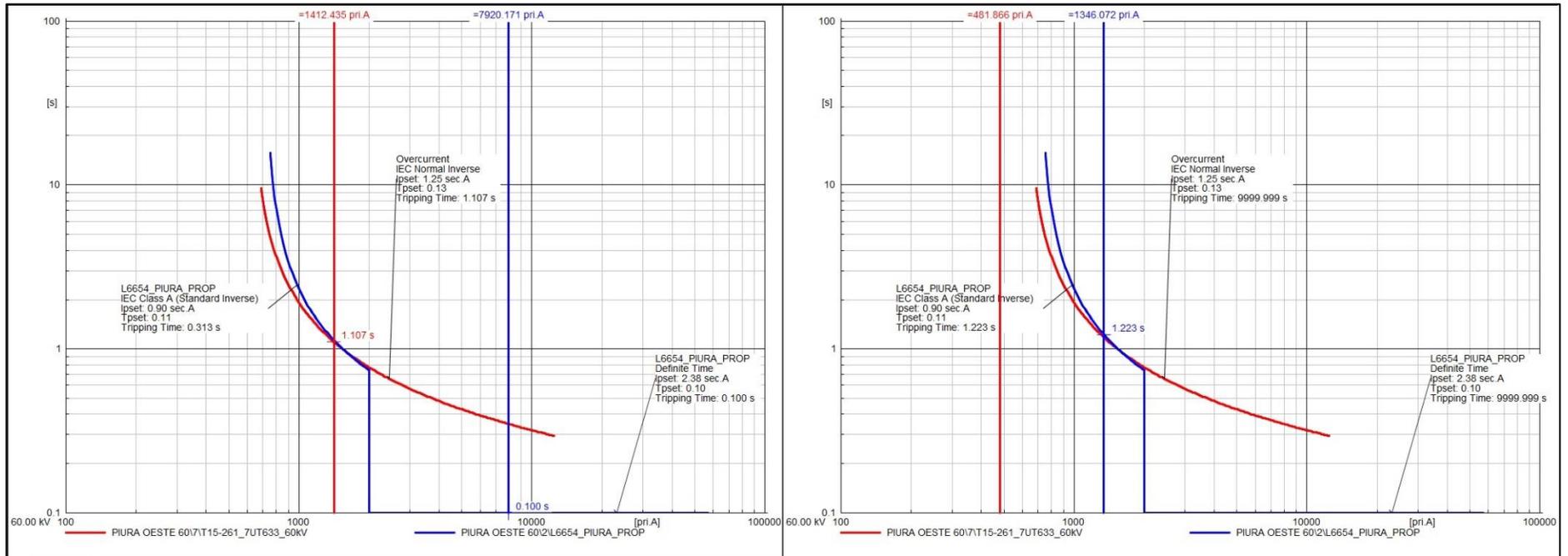
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T117-261(Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6654 desde la S.E. Piura Oeste.



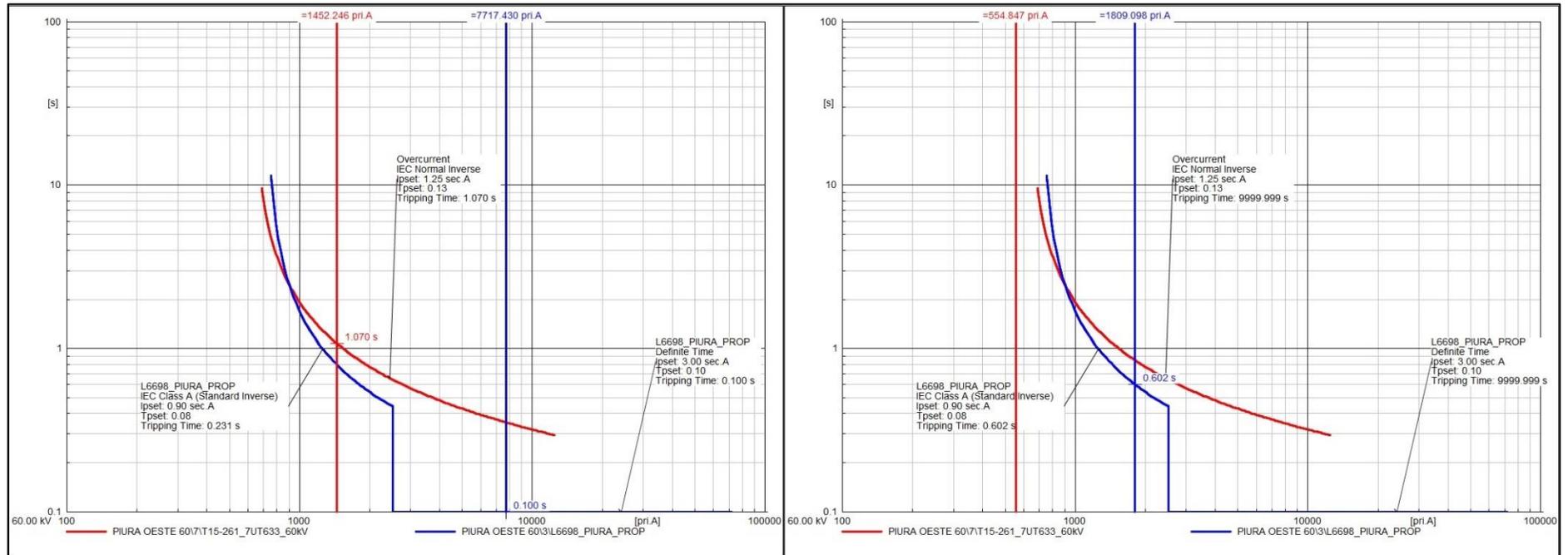
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T117-261(Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6698 desde la S.E. Piura Oeste.



Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T15-261(Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6654 desde la S.E. Piura Oeste.

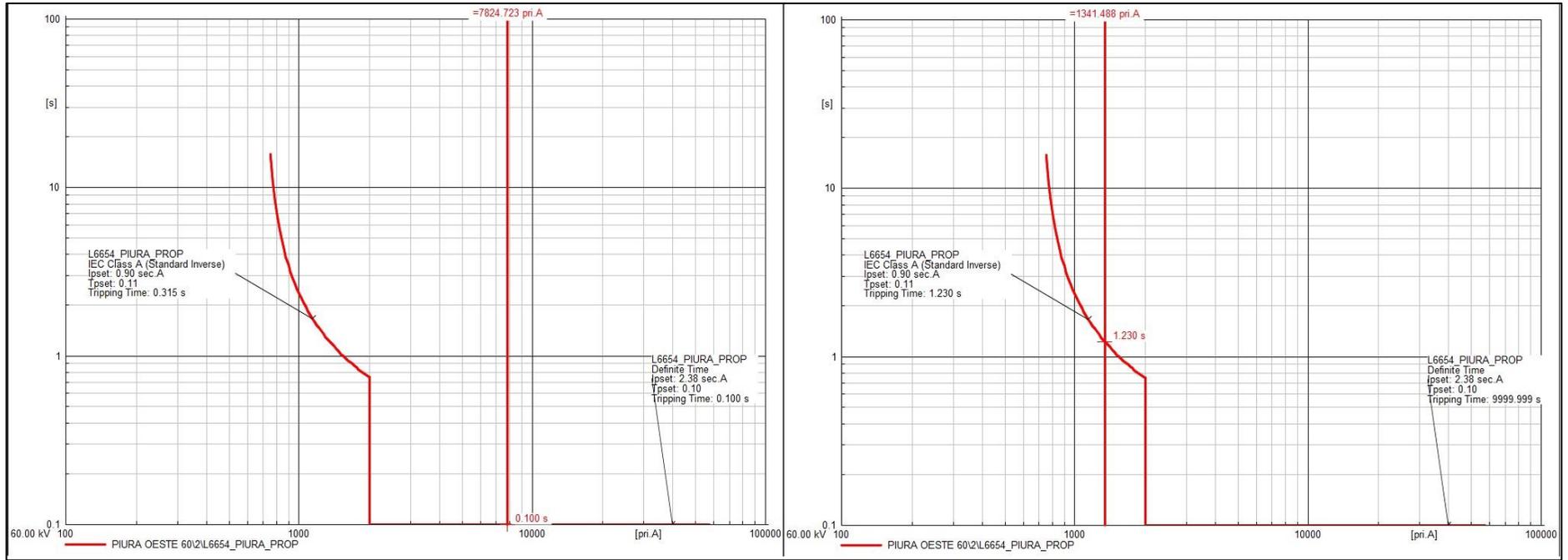


Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases transformador T15-261(Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6698 desde la S.E. Piura Oeste.

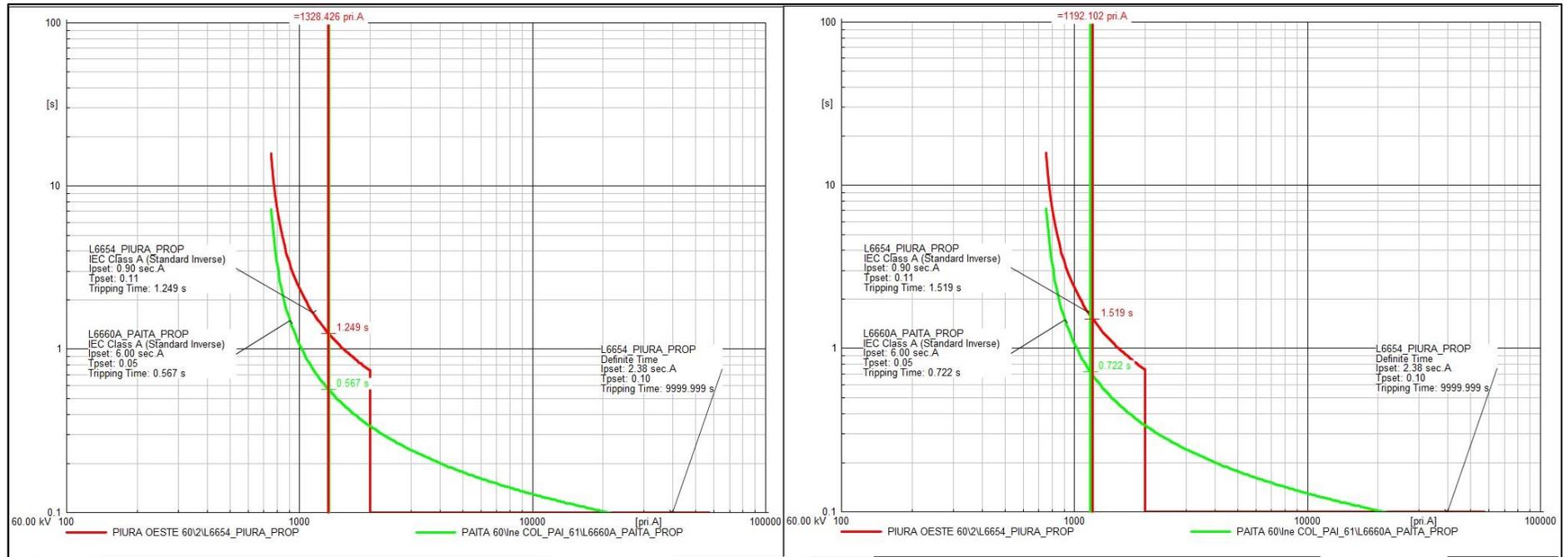


Visto desde la S.E. Paita hacia S.E. Sullana

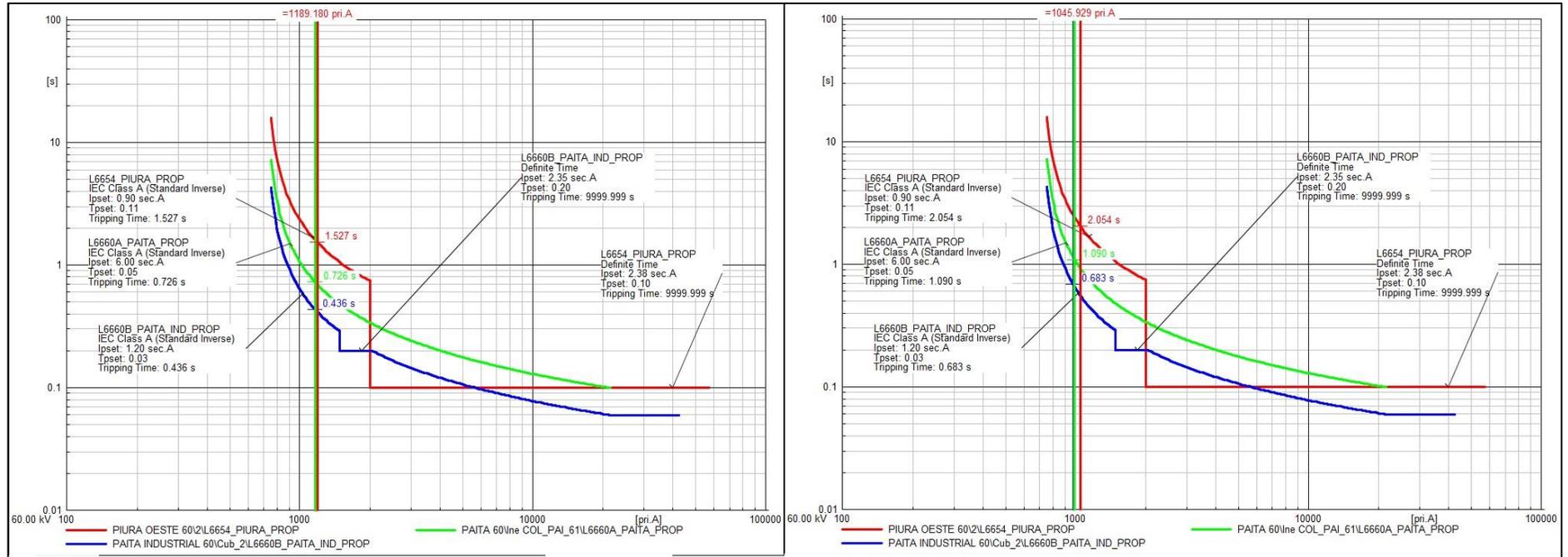
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases línea L-6654 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6654 desde la S.E. Piura Oeste.



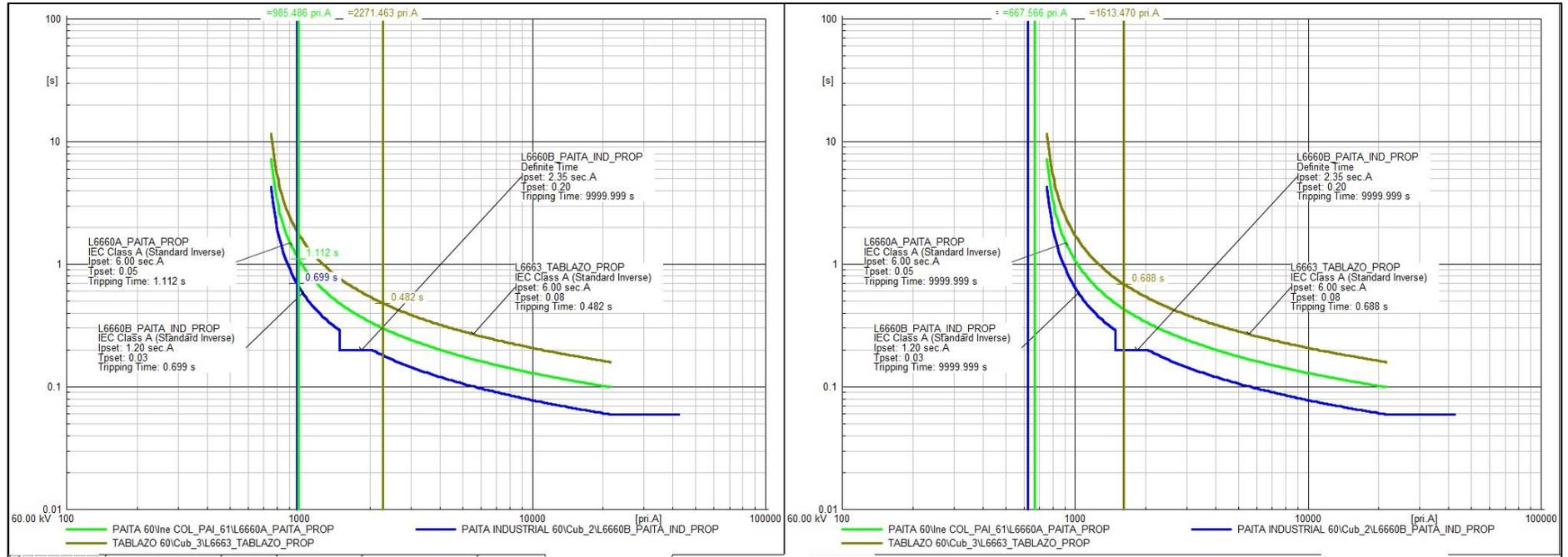
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6758 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6758 desde la S.E. Paita.



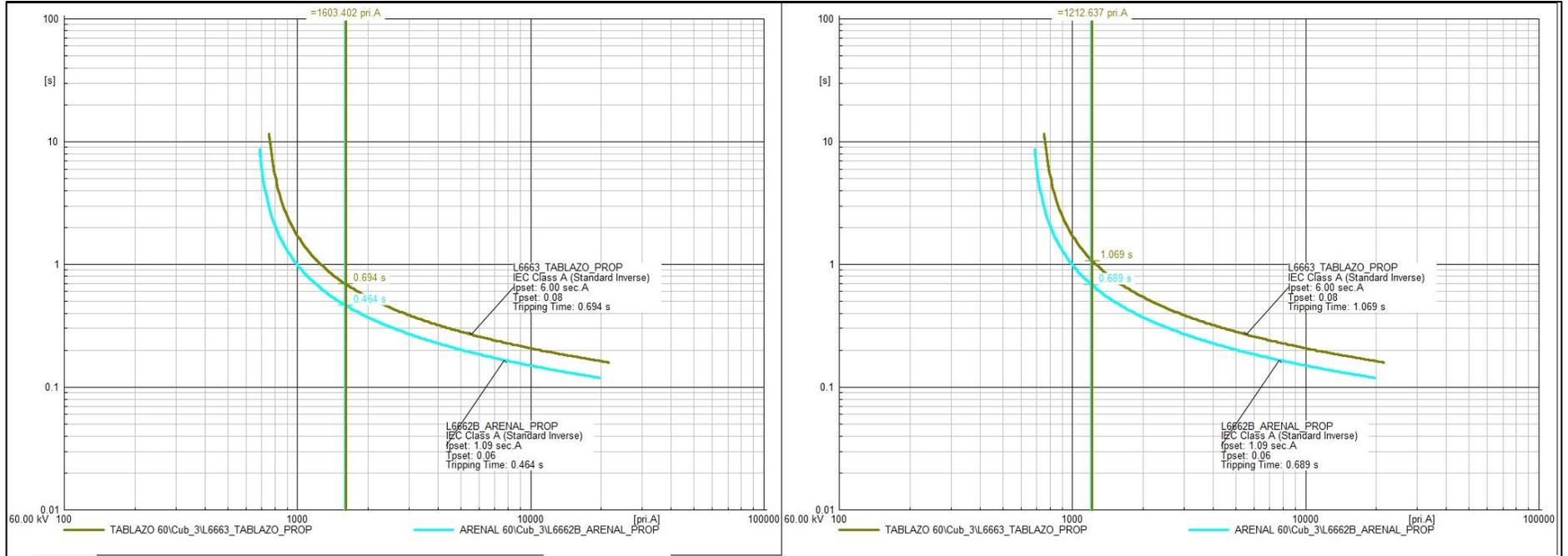
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6660 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6660 desde la S.E. Paíta Industrial.



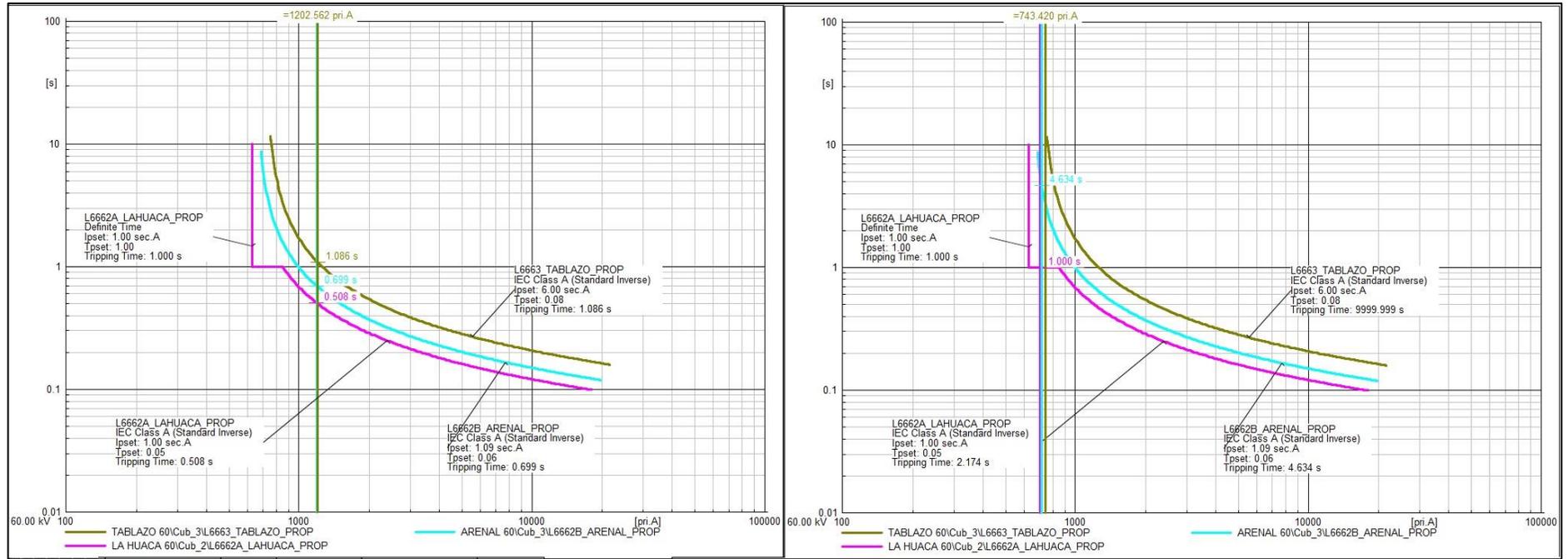
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6663 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6663 desde la S.E. Tablazo.



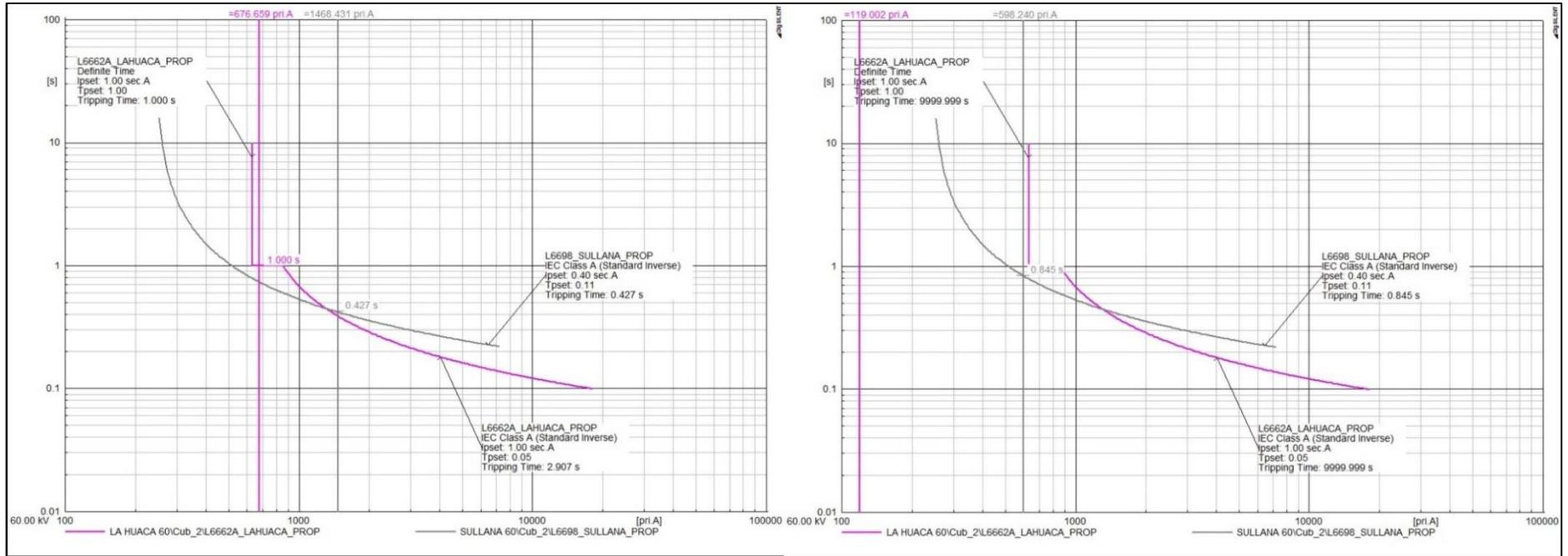
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6662B (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6662B desde la S.E. Arenal.



Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6662A (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6662A desde la S.E. La Huaca.

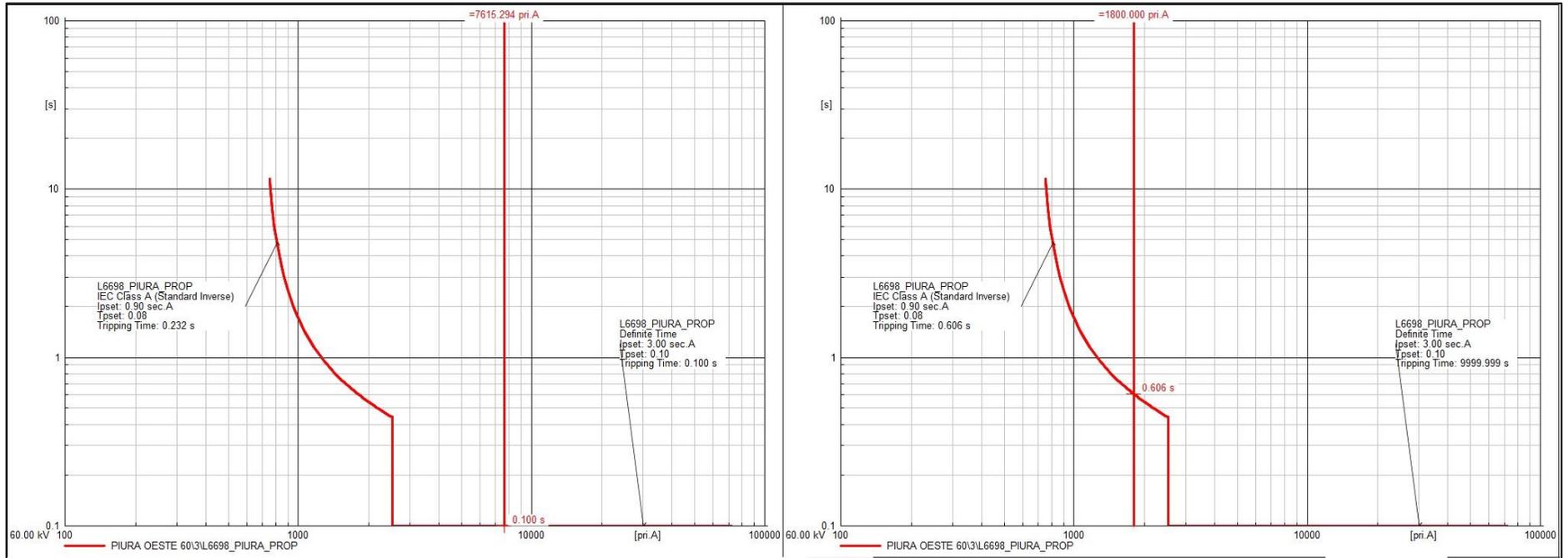


Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6698 (Ajustes existentes). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6698 desde la S.E. Sullana.

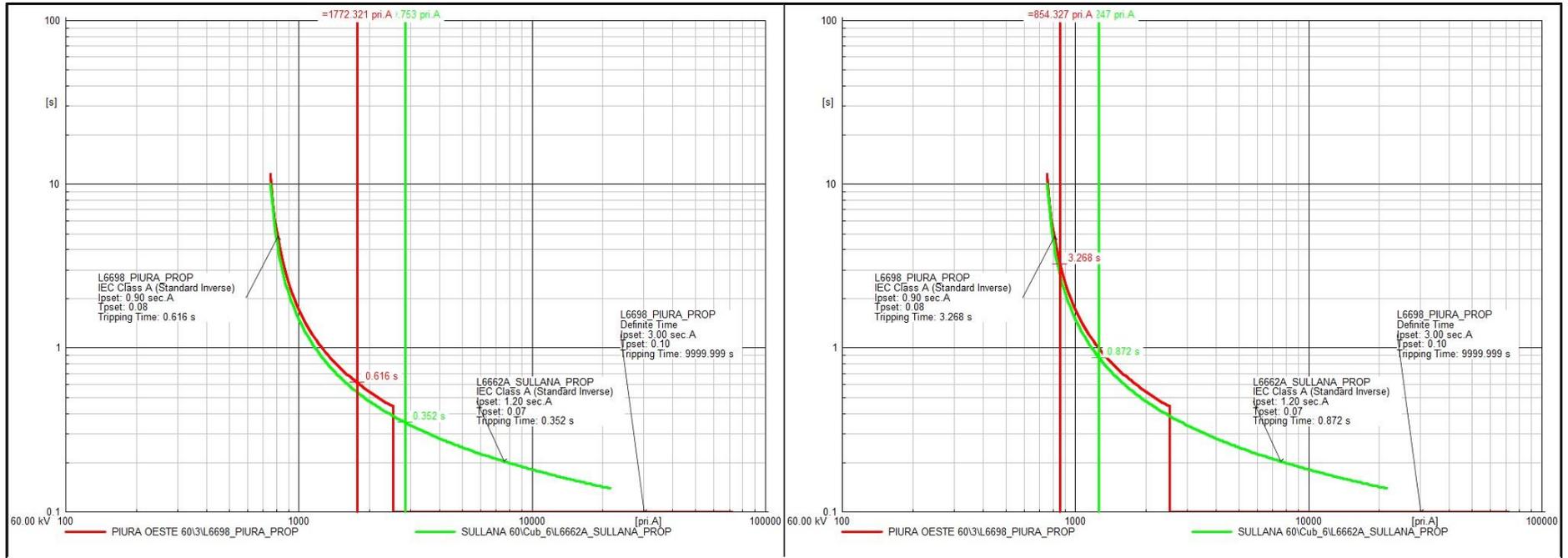


Visto desde la S.E. Sullana hacia S.E. Paita

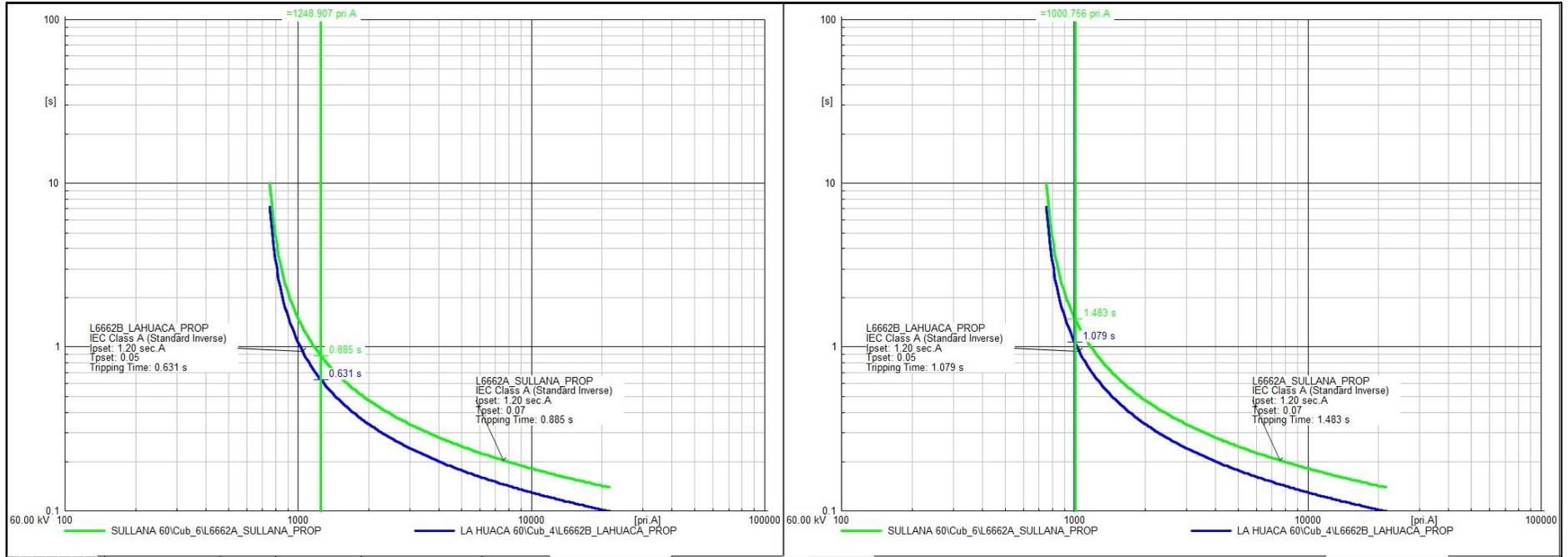
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6698 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6698 desde la S.E. Piura Oeste.



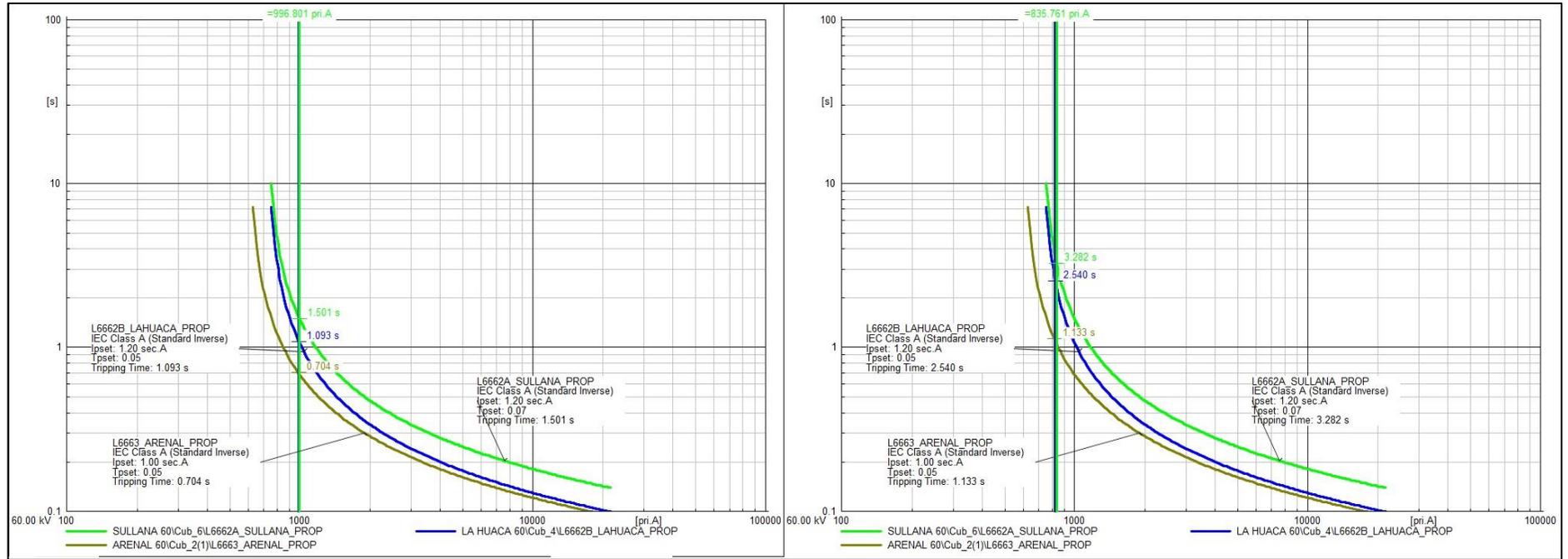
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-662A (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6662A desde la S.E. Sullana.



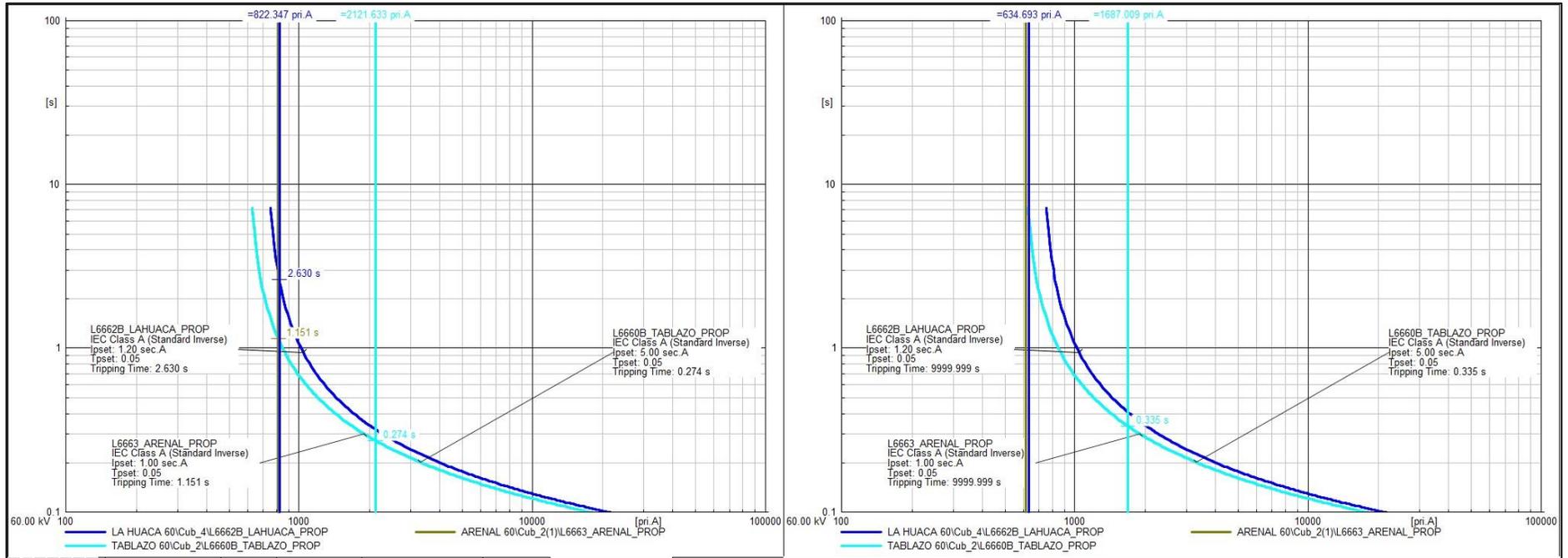
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6662B (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6662B desde la S.E. Huaca.



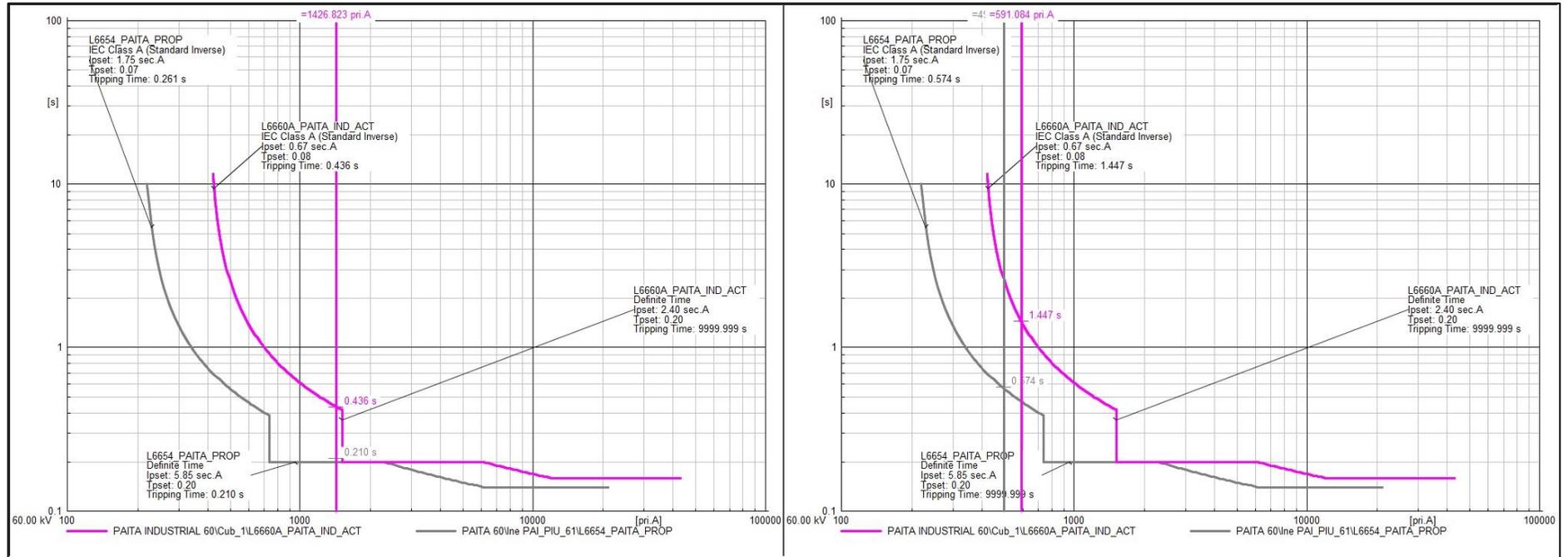
Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6663 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6663 desde la S.E. El Arenal.



Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6660 (Ajustes propuestos). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6660 desde la S.E. Tablazo.

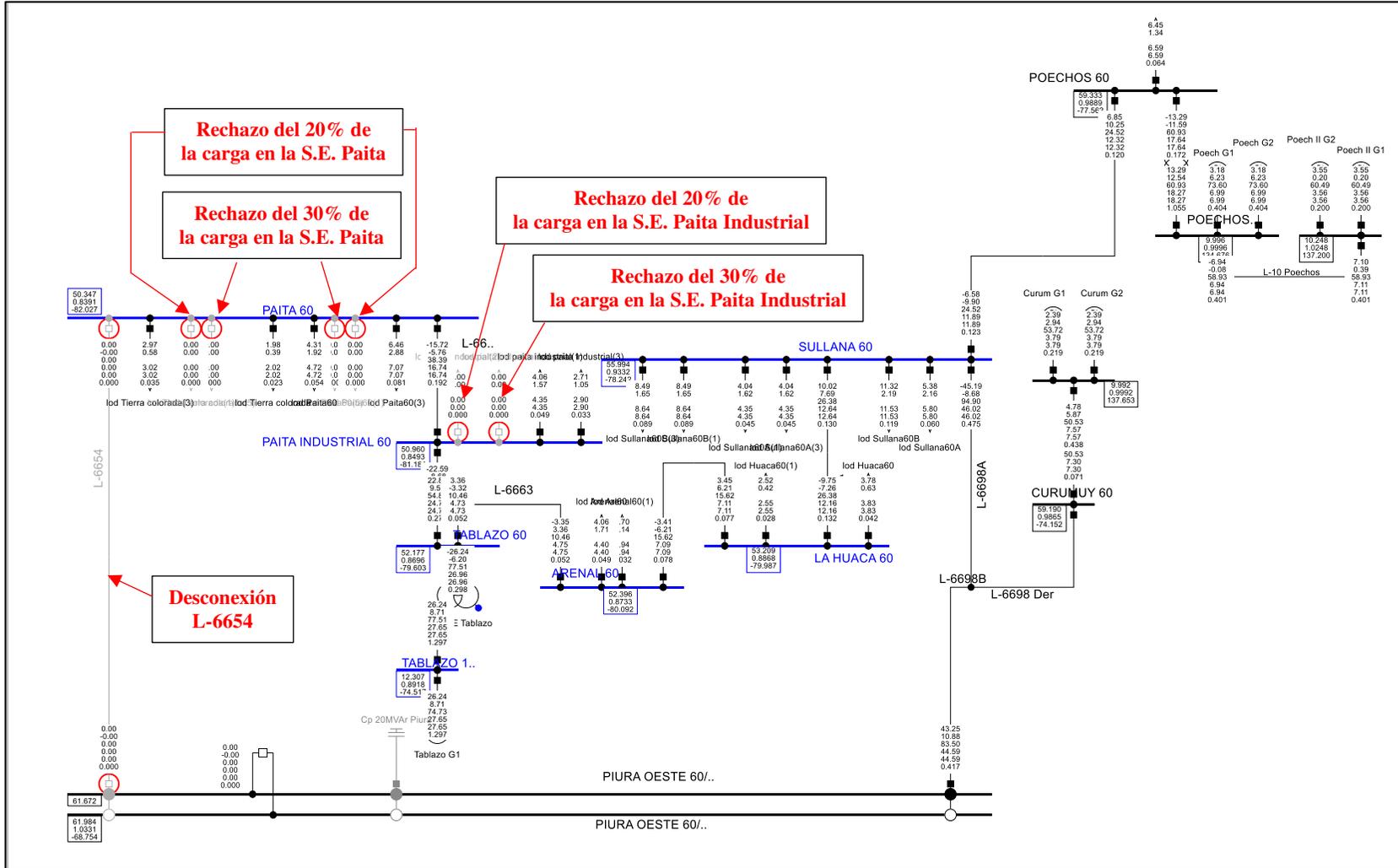


Coordinación de protecciones de sobrecorrientes de fases L-6654 (Ajustes actuales). Falla Trifásica al 1% y 99 % línea L-6654 desde la S.E. Paita.

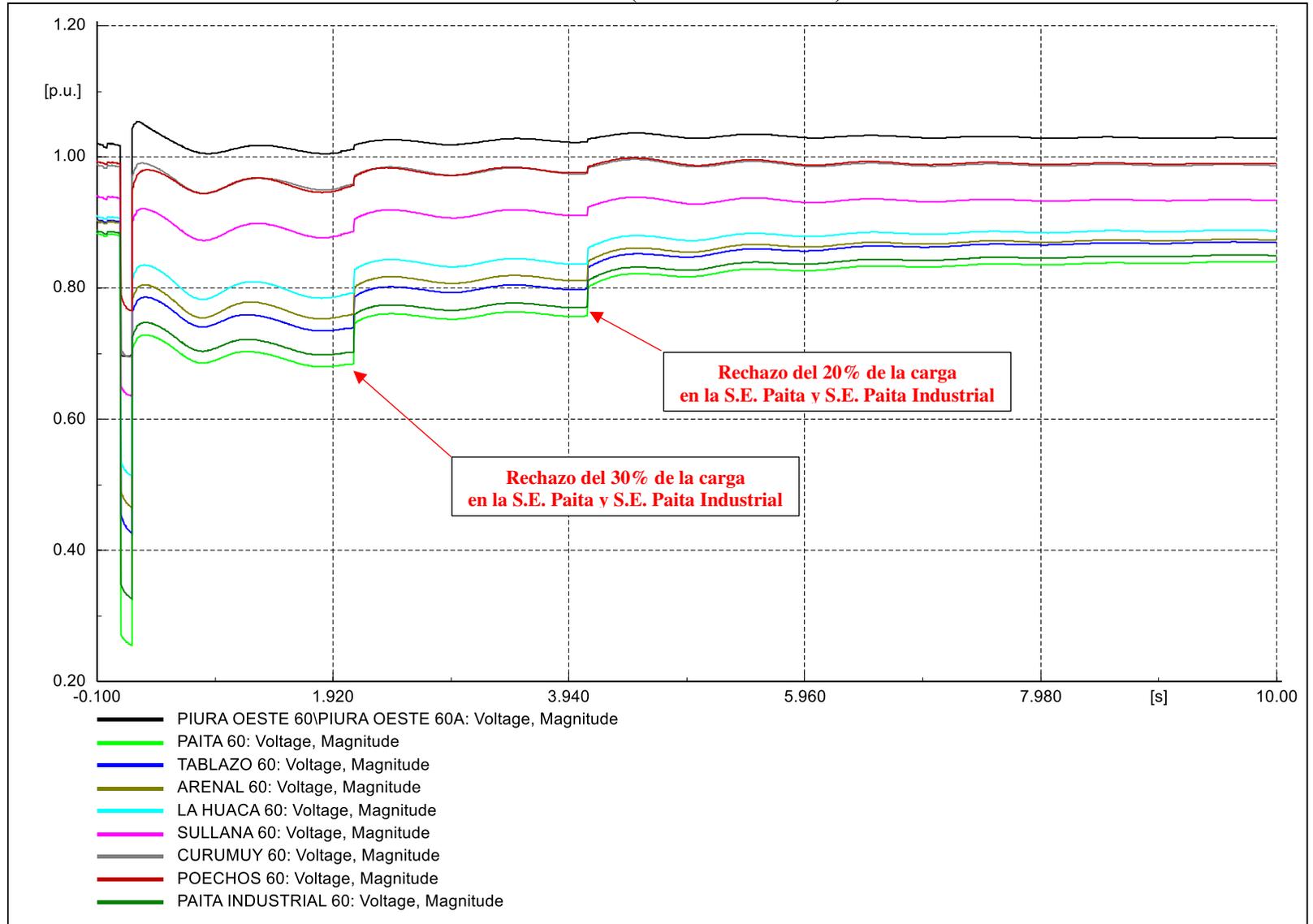


**ANEXO D: Simulaciones dinámicas ante contingencias
en el sistema anillado de 60 kV en la S.E. Piura Oeste
implementando el Esquema de Rechazo Automático de
Carga por Mínima Tensión**

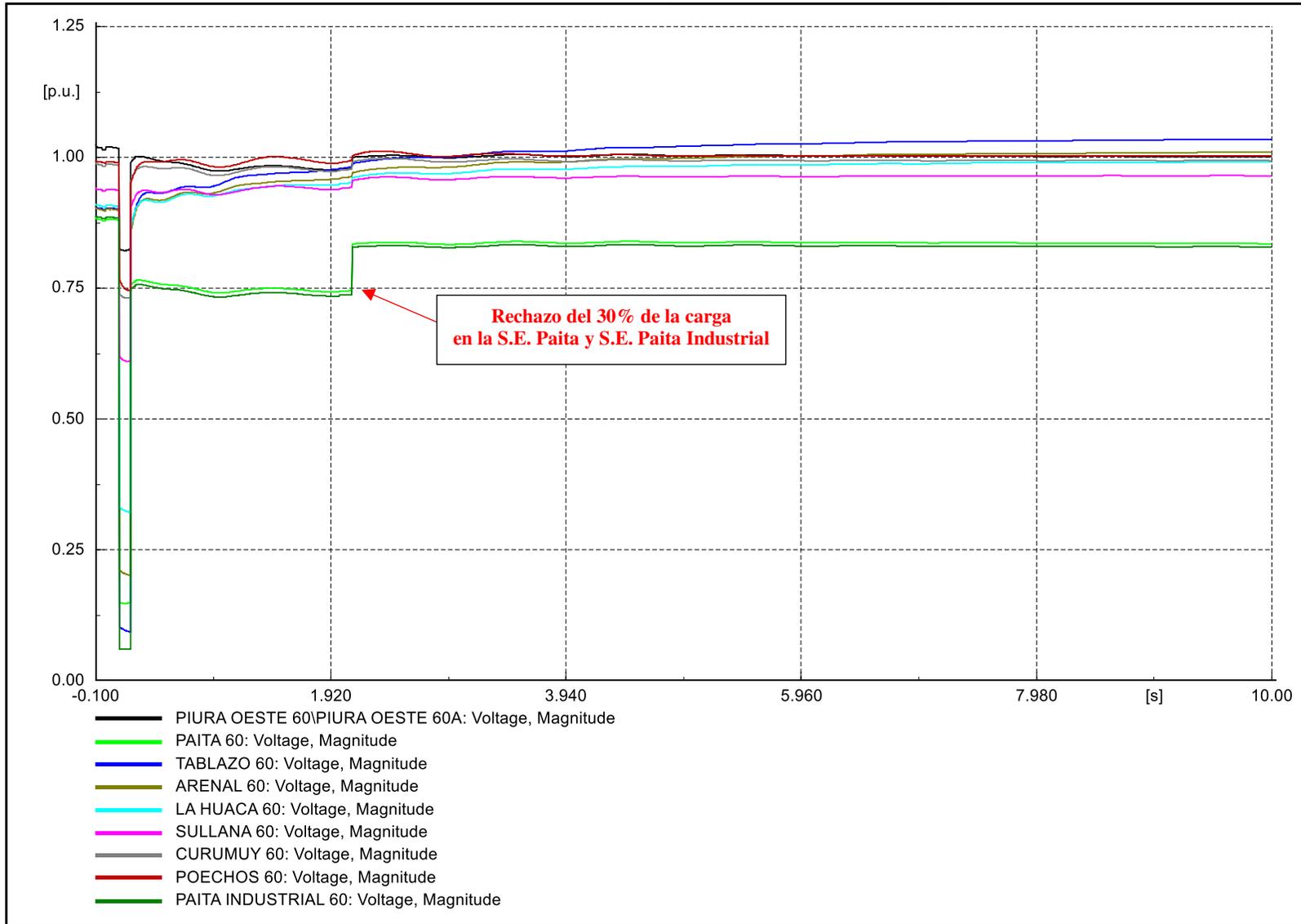
Comportamiento del sistema anillado ante la desconexión de la línea L-6654(Piura Oeste – Paita) de 60 kV



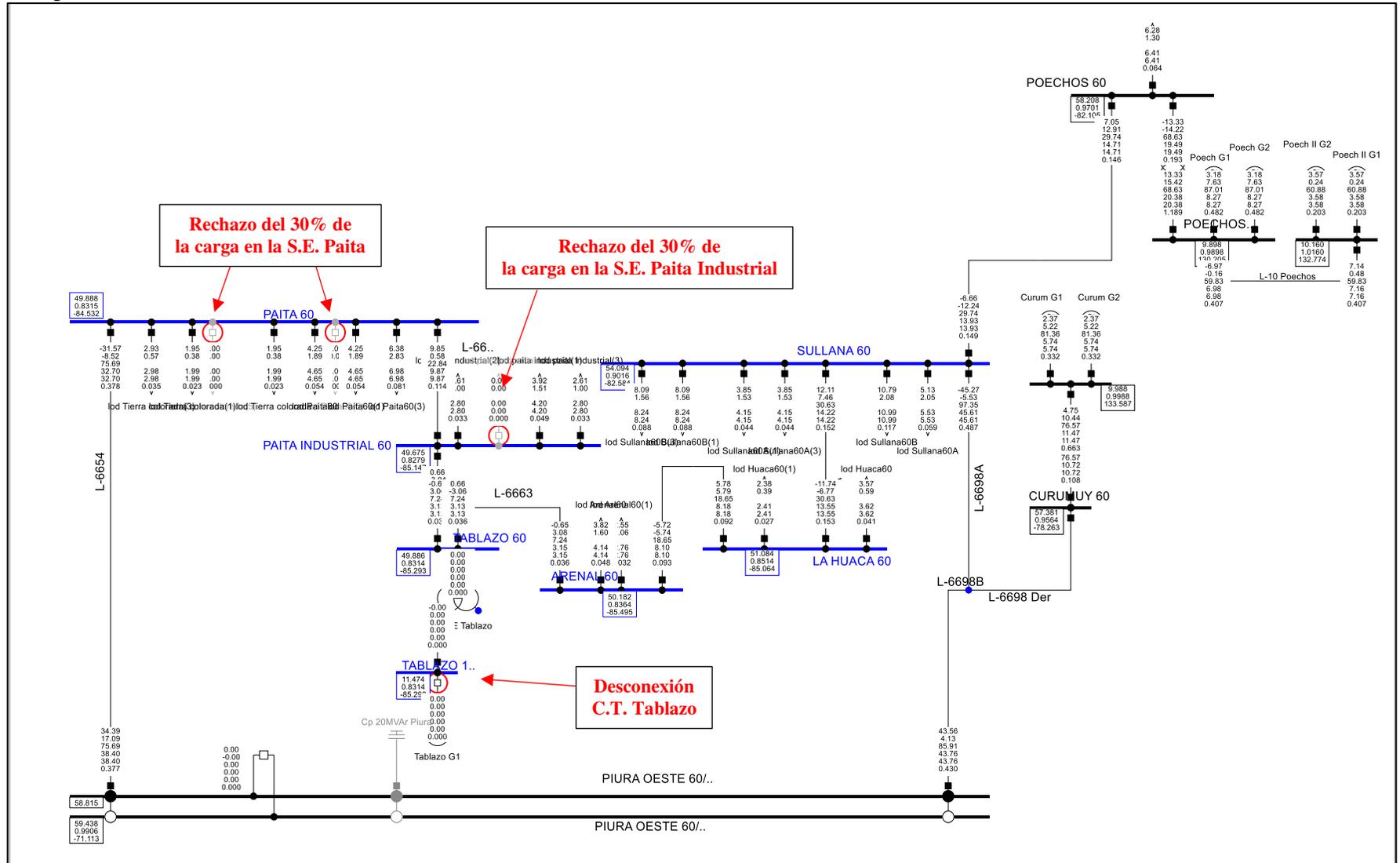
Comportamiento de la tensión ante la desconexión de la línea L-6654(Piura Oeste – Paita) de 60 kV



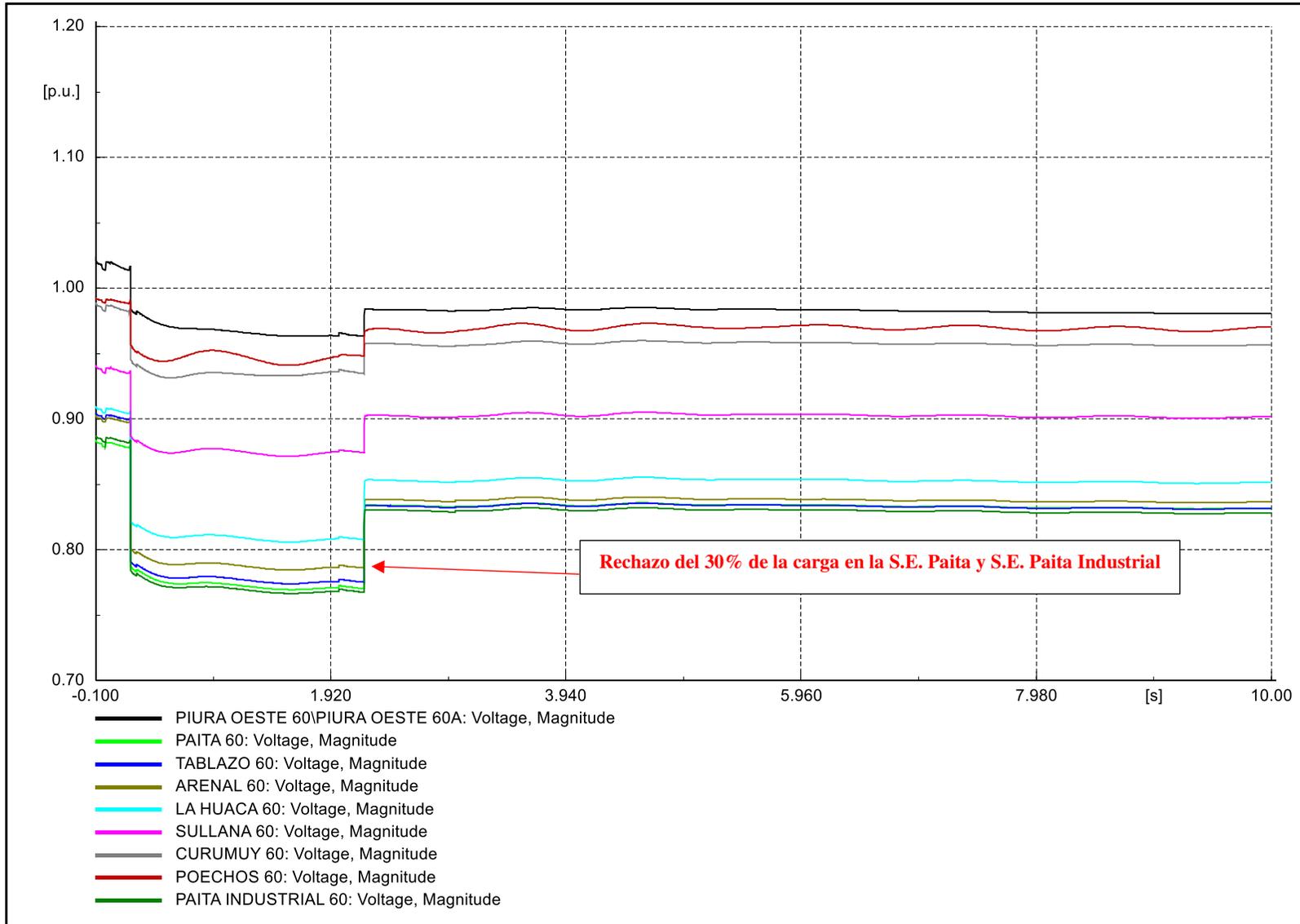
Comportamiento de la tensión ante la desconexión de la línea L-6660(Paita Industrial – Tablazo) de 60 kV



Comportamiento del sistema anillado ante la desconexión de la C.T. Tablazo



Comportamiento de la tensión ante la desconexión de la C.T. Tablazo



Comportamiento de la tensión ante la desconexión de la línea 6698(Piura Oeste – Sullana) de 60 kV

