

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELÉCTRICA



TESIS

**ANÁLISIS ESTACIONARIO DE UN SISTEMA DE REGULACIÓN
AUTOMÁTICO DE VOLTAJE PARA MEJORAR LA TENSIÓN DE OPERACIÓN DEL
ALIMENTADOR EN 10.5 KV DOLORESPATA N° 08**

PRESENTADO POR:

Br. FRANK RHANDALL FLORES NOALCCA
Br. MARCO ANTONIO HILLPA FUENTES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESOR:

Dr. Ing. EDGAR ZACARIAS ALARCÓN
VALDIVIA

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada:

ANÁLISIS ESTACIONARIO DE UN SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE VOLTAJE PARA MEJORAR LA TENSIÓN DE OPERACIÓN DEL ALIMENTADOR EN 10.5 KV DOLORESPAIA N° 08

Presentado por: FRANK RHANDALL FLORES NOALCCA DNI N° 72353998; presentado por: MARCO ANTONIO HILLPA FUENTES DNI N°: 76246683.

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO ELECTRICISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 27 de NOVIEMBRE de 2025

Firma

Post firma EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA

Nro. de DNI 23821021

ORCID del Asesor 0000-0002-9168-7535

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: id: 27259:533631013

FRANK Y MARCO FLORES HILLPA

ANÁLISIS ESTACIONARIO DE UN SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMATICO DE VOLTAJE PARA MEJORAR LA TENSIÓN DE ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:533631013

195 páginas

Fecha de entrega

27 nov 2025, 6:00 p.m. GMT-5

28.937 palabras

Fecha de descarga

27 nov 2025, 6:12 p.m. GMT-5

177.614 caracteres

Nombre del archivo

VOLUMEN DE TESIS (1).docx

Tamaño del archivo

16.6 MB

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 4% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto

4042 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


Dr. EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA
DNI N°: 28821021
ASESOR

PRESENTACIÓN

Señor:

Decano de la Facultad de Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos Vigentes, con la finalidad de optar al título de Ingeniero Electricista, presento a vuestra consideración la Tesis intitulada:

**“ANÁLISIS ESTACIONARIO DE UN SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO
DE VOLTAJE PARA MEJORAR LA TENSIÓN DE OPERACIÓN DEL
ALIMENTADOR EN 10.5 KV DOLORESPATA N°08”**

Br. Frank Rhandal Flores Noalcca
Br. Marco Antonio Hillpa Fuentes

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de realizar este proyecto que es la culminación de la formación de mi etapa profesional; a mi madre Juana Noalcca Chavez, y a mi padre, Antolin Flores Calderón, sin ellos no se habría logrado.

Frank Rhandall Flores Noalcca.

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a nuestro creador por darme fe, esperanza y salud, como también a mis queridos padres: Justina Fuentes Huaman y Antonio Hillpa Villavicencio, por ser la base de mis sueños, la guía en mis pasos y la fuerza en mis momentos de dificultad.

Gracias por su amor incondicional, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad.

Este logro es tan mío como suyo, porque sin su apoyo constante no habría sido posible llegar hasta aquí.

Con todo mi cariño y gratitud.

Marco Antonio Hillpa Fuentes.

RESUMEN

La presente tesis denominada “ANÁLISIS ESTACIONARIO DE UN SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE VOLTAJE PARA MEJORAR LA TENSIÓN DE OPERACIÓN DEL ALIMENTADOR EN 10.5 KV DOLORESPATA N°08”. Tiene por objeto mejorar la tensión de operación en el AMT DOLORESPATA N°08 de la Subestación de Transformación Dolorespata en la ciudad del Cusco, cuya tensión de salida de es de 10.5 kv por medio de 3 transformadores de potencia que no cuentan con un sistema de regulación automática de voltaje.

La tensión en la cabecera del AMT DOLORESPATA N°08(barra de 10.5kv) está regulada y operada de forma manual a través de 07 bancos de compensación reactiva-capacitiva, donde se observa que existen variaciones súbitas de tensión en periodos muy cortos. Asimismo, se encontró que en los últimos cinco (05) años, la tensión de operación vulnera las tolerancias establecidas por la NTCSE tanto en la cabecera como en el extremo del AMT DOLORESPATA N°08. Esto se debe a la naturaleza variable de la demanda de energía eléctrica a lo largo del tiempo. Para mejorar tales condiciones se evaluará utilizar un sistema conexión y desconexión automática de los bancos de compensación reactiva de la S.E. Dolorespata por medio de la asistencia de relés digitales, así como la instalación de un banco de regulación automática de tensión (03 autotransformadores monofásicos) en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N° 08 para aliviar las caídas de tensión en el tramo final del alimentador.

Palabras Claves: Regulación, Compensación, Automatización, Demanda.

ABSTRACT

This thesis called “STATIONARY ANALYSIS OF AN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATION SYSTEM TO IMPROVE THE OPERATING VOLTAGE OF THE FEEDER AT 10.5 KV DOLORESPATA N°08”. Its objective is to improve the operating voltage in the AMT DOLORESPATA N°08 of the Dolorespata Transformation Substation in the city of Cusco, whose output voltage is 10.5 kv through 3 power transformers that do not have an automatic voltage regulation system.

The voltage at the head of the AMT DOLORESPATA N°08 (10.5kv bus) is regulated and operated manually through 07 reactive-capacitive compensation banks, where it is observed that there are sudden voltage variations in very short periods. Likewise, it was found that in the last five (05) years, the operating voltage violates the tolerances established by the NTCSE both at the head and at the end of the AMT DOLORESPATA N°08. This is due to the variable nature of electrical energy demand over time. To improve such conditions, the use of an automatic connection and disconnection system of the reactive compensation banks of the S.E. will be evaluated. Dolorespata through the assistance of digital relays, as well as the installation of an automatic voltage regulation bank (03 single-phase autotransformers) in the load center of the AMT DOLORESPATA N° 08 to alleviate voltage drops in the final section of the feeder.

Keywords: Regulation, Compensation, Automation, Demand.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
CONTENIDO.....	VI
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XVI
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	XVII
1. CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 TITULO.	1
1.2 RESPONSABLES.....	1
1.3 ZONA DE ESTUDIO.....	1
1.4 EL PROBLEMA.....	2
1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.5 OBJETIVOS.	16
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	16
1.6 HIPÓTESIS.....	16
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL:	16
1.6.2 HIPOTESIS ESPECIFICA:.....	17
1.7 VARIABLES E INDICADORES.....	17
1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	17
1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.	17

1.8	ALCANCES Y LIMITACIONES	18
1.8.1	ALCANCES.....	18
1.8.2	LIMITACIONES	18
1.9	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	19
1.10	METODOLOGÍA	20
1.10.1	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	20
1.10.2	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.10.3	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.10.4	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.10.5	PRESENTACION DE DATOS	21
1.10.6	PROCESAMIENTO DE DATOS.	22
1.11	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	23
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1	INTRODUCCIÓN.	24
2.2	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA	24
2.2.1	SUBESTACION DE TRANSFORMACION.....	24
2.2.2	SUBESTACION DE DISTRIBUCION	25
2.2.3	CARGA ELECTRICA	25
2.2.4	EQUIPOS DE PROTECCION Y MEDICION.....	26
2.3	TENSION DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO.....	28
2.3.1	TENSIÓN NOMINAL	28
2.3.2	CAÍDA DE TENSIÓN	29
2.4	SISTEMAS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE	29
2.4.1	BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA.....	30

2.4.2	AUTOTRANSFORMADOR DE MEDIA TENSIÓN	32
2.5	CALIDAD DE PRODUCTO	39
2.5.1	CALIDAD DE TENSION	39
2.5.2	TOLERANCIAS.....	39
2.5.3	INTERVALOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTO.....	39
2.6	MARCO NORMATIVO.....	40
2.6.1	NORMATIVIDAD NACIONAL	40
2.6.2	NORMATIVIDAD INTERNACIONAL.....	41
3.	CAPÍTULO III: CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES DEL ALIMENTADOR EN MEDIA TENSIÓN DOLORESPATA N°08.	42
3.1	INTRODUCCION	42
3.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALIMENTADOR DOLORESPATA N°08.....	42
3.3	TOPOLOGÍA DEL ALIMENTADOR DOLORESPATA N°08.....	44
3.4	REGULACION DE TENSION DEL AMT DOLORESPATA N°08 EN LA ACTUALIDAD. 45	
3.4.1	OPERACIÓN ACTUAL DE COMPENSACION REACTIVA EN LA BARRA DE 10.5KV .46	
3.5	CONSECUENCIAS DEL SISTEMA DE REGULACION DE TENSION ACTUAL	55
3.6	INDICADORES.	57
3.7	SIMULACION DE LA REGULACION MANUAL DE TENSION EN LA BARRA DE 10.5 KV DE LA S.E. DOLORESPATA.....	59
3.8	RESULTADOS Y ANALISIS DEL PERFIL DE TENSION OBTENIDOS EN LA BARRA DE 10.5KV Y SUS EFECTOS A LO LARGO DEL AMT DOLORESPATA N°08 CON LA REGULACION DE TENSION ACTUAL.....	68
3.8.1	ESCENARIO CON TENSIONES PICO.	70
3.8.2	ESCENARIO CON TENSIONES VALLE.....	71
3.9	RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO.....	73

4.	CAPÍTULO IV: MODELAMIENTO DE SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN AUTOMÁTICO	74
4.1	INTRODUCCIÓN	74
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN PROPUESTO	74
4.3	REGULACIÓN EN LA CABECERA	77
4.3.1	RELE SEL 751	79
4.3.2	AUTOMATIZACIÓN DE LA REGULACIÓN DE TENSIÓN CON EL RELÉ SEL-751 EN LA BARRA DE 10.5KV	84
4.4	MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN LA BARRA DE 10.5KV	87
4.4.1	ESCENARIO 1: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO DEL BANCO N° 01 (4X2.5MVAR) DE LA S.E. DOLORESPATA	87
4.4.2	ESCENARIO 2: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO DEL BANCO N°02 (3X3.75MVAR) DE LA S.E. DOLORESPATA	91
4.4.3	ESCENARIO 3: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO DE 02 BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA CAPACITIVA DE LA S.E. DOLORESPA...	95
4.4.4	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN LA CABECERA DEL AMT DOLORESPATA N°08.	99
4.5	REGULACIÓN DESDE EL CENTRO DE CARGA HASTA EL FIN DE LÍNEA.....	100
4.6	MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN EL CENTRO DE CARGA	107
4.6.1	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TENSIÓN PARA EL CENTRO DE CARGA Y FIN DE LÍNEA DEL AMT DOLORESPATA N°08.	109
4.6.2	REGULACIÓN AUTOMÁTICA DEL SISTEMA PROPUESTO.	111
5.	CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DEL PERFORMANCE DEL SISTEMA DE REGULACIÓN PROPUESTO.	112

5.1	INTRODUCCIÓN	112
5.2	OPERACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE DEL AMT DOLORESPATA N°08 CON LA INCORPORACIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA.	112
5.2.1	EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “A”	114
5.2.2	EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “B”	116
5.2.3	EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “C”	118
5.3	CAPACIDAD DE REGULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	122
5.3.1	RESERVA DE LOS BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA.....	122
5.3.2	RESERVA DEL BANCO DE AUTOTRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.....	124
5.4	ALCANCE DEL SISTEMA DE REGULACIÓN PROPUESTO.	126
5.4.1	PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2026.	127
5.4.2	PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2027.	128
5.4.3	PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2028.	130
5.4.4	PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2029.	131
5.5	ANALISIS ECONOMICO	132
5.5.1	COMPARACIÓN CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	133
5.5.2	ANALISIS COMPARATIVO	137
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	138
	BIBLIOGRAFIA.....	140
	ANEXOS.....	142

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Recorrido Georreferenciado GIS del AMT DOLORESPATA N°08.	1
Figura 1.2 Placa de características del transformador de Potencia.	2
Figura 1.3 Placa de características de transformador de Potencia.	3
Figura 1.4 Placa de características de transformador de Potencia	4
Figura 1.5 Diagrama Unifilar de la Subestación Eléctrica de Dolorespata (138/11.5kV).	5
Figura 1.6 Diagrama Unifilar del AMT DOLORESPATA N°08.....	6
Figura 1.7 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata 10.5 Kv	7
Figura 1.8 Máximos Niveles de Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08	8
Figura 1.9 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata10.5 Kv	8
Figura 1.10 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata10.5 Kv	9
Figura 1.11 Máximos Niveles de Tensión en la Troncal del AMT DOLORESPATA N°08 (Año 2024).10	
Figura 1.12 Mínimos Niveles de Tensión en la Troncal del AMT DOLORESPATA N°08 (Año 2024) .10	
Figura 1.13 Perfil de Tensiones del RE-1007 del AMT DOLORESPATA N°08 (09 de enero de 2024).11	
Figura 1.14 Tensiones de Fase del RE-1005 del AMT DOLORESPATA N°08 (12 de enero de 2024) ..12	
Figura 1.15 Mínimos Niveles de Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 (2020 – 2023).12	
Figura 1.16 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Junio del 2025).13	
Figura 1.17 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Julio del 2025).14	
Figura 1.18 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Agosto del 2025).14	
Figura 1.19 Esquema de la Metodología a Seguir	22
Figura 2.1 Diagrama de conexión T.T	26

Figura 2.2 Diagrama de conexión T.C.	27
Figura 2.3 Relé de protección	28
Figura 2.4 Circuito equivalente del Autotransformador	33
Figura 2.5 Circuito equivalente del autotransformador	33
Figura 2.6 Circuito equivalente del autotransformador	34
Figura 2.7 Diagrama de Autotransformador regulador de voltaje	35
Figura 2.8 Diagrama de Autotransformador	35
Figura 2.9 Controlador TB-R800	37
Figura 2.10 Ancho de banda	38
Figura 2.11 Parámetros de temporizador	38
Figura 3.1 Potencia de transformadores de distribución del AMT DOLORESPATA N°08	43
Figura 3.2 Cantidad de SED's del AMT DOLORESPATA N°08	43
Figura 3.3 Alimentador de MT DOLORESPATA N°08 /Vista urbana	44
Figura 3.4 Alimentador de MT DOLORESPATA N°08 /vista por distritos	45
Figura 3.5 Diagrama unifilar a los 02 grupos de bancos. / MicroSCADA ABB	47
Figura 3.6 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2020	48
Figura 3.7 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2021	49
Figura 3.8 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2022	50
Figura 3.9 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2023	51
Figura 3.10 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2024	52

Figura 3.11 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2025.....	53
Figura 3.12 Máxima tensión en K.V. del AMT DOLORESPATA N°08 en barra 10.5kv años (2020,2021,2022 y 2023,2024, 2025).	54
Figura 3.13 Esquema de operación de bancos 3x3.75 MVAR del 10 de julio del año 2023.	60
Figura 3.14 Esquema de operación de banco 4x2.5 MVAR del 10 de julio del año 2023.....	61
Figura 3.15 Esquema de operación de banco 3x3.75Mvar del 01 de mayo 2023	61
Figura 3.16 Esquema de operación de banco 4x2.5Mvar del 01 de mayo 2023.....	62
Figura 3.17 Dibujo del Alimentador D0-08 en el software Digsilent.	63
Figura 3.18 Simulación en un escenario con tensiones pico en la barra de 10.5kv	64
Figura 3.19 Diagrama de calor de tensión en escenario de máximos niveles de tensión en el AMT DOLORESPATA N°08.....	65
Figura 3.20 Simulación en un escenario con tensiones valle en la barra de 10.5kv.	66
Figura 3.21 Diagrama de calor de tensión en escenario de mínimos niveles de tensión en el AMT DOLORESPATA N°08.....	67
Figura 3.22 Puntos de análisis del AMT-DOLORESPATA N°08	69
Figura 3.23 Simulación cuasi dinámica de un día con mayores tensiones pico a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08.....	70
Figura 3.24 Simulación cuasi dinámica de un día con mayores tensiones valle.	72
Figura 4.1 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 en un horario definido.....	75
Figura 4.2 Tensión en la cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 a lo largo de un día típico.....	76
Figura 4.3 Proceso de selección de sistema de regulación automática.....	76
Figura 4.4 Diagrama unifilar barra de 10.5kv	77
Figura 4.5 Diagrama unifilar de Bancos compensación reactiva.....	78
Figura 4.6 Datasheet relé SEL 751.....	81
Figura 4.7 Relé SEL-751	82

Figura 4.8 Diagrama de conexión relé SEL-751	83
Figura 4.9 Diagrama de Flujo de operación de Rele Sel 751.....	85
Figura 4.10 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°01....	88
Figura 4.11 Potencia Vs. Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 01.	89
Figura 4.12 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 01.....	89
Figura 4.13 Esquema de Regulación automática del Banco N°01(4x2.5 Mvar) – Escenario 01.	90
Figura 4.14 Esquema de Regulación manual del Banco N°02(3x3.75Mvar) – Escenario 01	90
Figura 4.15 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°02....	92
Figura 4.16 Potencia Vs Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 02.	93
Figura 4.17 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 02.....	93
Figura 4.18 Esquema de Regulación manual del Banco N°01(4x2.5 Mvar) – Escenario 02.	94
Figura 4.19 Esquema de Regulación automática del Banco N°02(3x3.75 Mvar) – Escenario 02.	94
Figura 4.20 Parámetros de configuración en el modelo de regulación automática del banco N°01.....	96
Figura 4.21 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°02....	96
Figura 4.22 Potencia Vs. Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 03.	97
Figura 4.23 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 03.....	97
Figura 4.24 Esquema de Regulación del Banco N°01 Y Banco N°02– Escenario 03.	98
Figura 4.25 Configuración de la Protección de Subtensión (ANSI 27).....	99
Figura 4.26 Configuración de la Protección de Sobretensión (ANSI 59)	100
Figura 4.27 Caída de tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08.	101
Figura 4.28 Banco de regulador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos.	102
Figura 4.29 Datasheet del regulador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos.	102
Figura 4.30 Autotransformador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos	103
Figura 4.31 Datasheet del Controlador CTR-3 ITB Equipamientos Eléctricos.	103
Figura 4.32 Control de banco de reguladores de tensión modelo CTR-3	104
Figura 4.33 Proceso de regulación automática en centro de carga.	105

Figura 4.34 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco de Autotransformadores Monofásicos.....	107
Figura 4.35 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 04.....	108
Figura 4.36 Esquema de Regulación del Banco de Autotransformadores – Escenario 04.....	108
Figura 4.37 Parámetros de configuración para los tableros de control del autotransformador.....	110
Figura 4.38 Diagrama de flujo del sistema de regulación automática propuesto.	111
Figura 5.1 Diagrama de Carga Típico del AMT DOLORESPATA N°08.	113
Figura 5.2 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “A”.....	114
Figura 5.3 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “A”.....	115
Figura 5.4 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “A”....	115
Figura 5.5 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “B”.....	116
Figura 5.6 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “B”.	117
Figura 5.7 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “B”....	117
Figura 5.8 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “C”.....	118
Figura 5.9 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “C”.	119
Figura 5.10 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “C”. ..	119
Figura 5.11 Perfiles de Tensión Regulados en el AMT DOLORESPATA N°08.	121
Figura 5.12 Perfiles de Tensión Regulados en el AMT DOLORESPATA N°08.	122
Figura 5.13 Esquema de Conexión/Desconexión Automática de los Bancos de Compensación Reactiva.	123
Figura 5.14 Esquema de Comutación de TAPs del Banco de Autotransformadores Monofásicos.	125
Figura 5.15 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2026.	127
Figura 5.16 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2027.	129
Figura 5.17 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2028.	130
Figura 5.18 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2029.	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros de conexionado de regulador de tensión	36
Tabla 2.2 Regulador de tensión 8 a 16 Escalones.....	37
Tabla 3.1 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2020.....	55
Tabla 3.2 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2021.....	56
Tabla 3.3 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2022.....	56
Tabla 3.4 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2023.....	56
Tabla 3.5 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2024.....	57
Tabla 4.1Funciones de Protección relé SEL 751	82
Tabla 4.2 Operación de Relé SEL-751.	86
Tabla 4.3 Operación de regulación del autotransformador.....	106
Tabla 5.1 Valores Límites en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08.....	113
Tabla 5.2 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08.	120
Tabla 5.3 Reserva de los Bancos de Compensación Reactiva de la S.E. Dolorespata.	124
Tabla 5.4 Reserva de Taps del Banco de Autotransformadores Monofásicos.	125
Tabla 5.5 Pronóstico de Crecimiento de la Demanda.....	126
Tabla 5.6 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2026.....	128
Tabla 5.7 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2027.....	129
Tabla 5.8 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2028.....	130
Tabla 5.9 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2029.....	132
Tabla 5.10 Costo de adquisición y montaje de bancos reguladores y equipos	132
Tabla 5.11 Costos de materiales de propuesta alternativas.....	134

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

DO - 08: DOLORESPATA N°08.

AMT: Alimentador de media tensión.

NTCSE: Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos.

S.E: Subestación Eléctrica

SED: Subestación Eléctrica de Distribución

S.A.E: Sistemas de Almacenamiento de Energía.

CNE: Código Nacional de Electricidad.

LCE: Ley de concesiones Eléctricas.

ELSE: Electro Sur Este S.A.A.

EGEMSA: Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

SEP: Sistema Eléctrico de Potencia.

KVA: Kilovolt-Amperio.

MVA: Megavolt-Amperio.

MVAR: Mega volt Amperio Reactivo.

MW: Mega watt

V: Voltio.

A: Amperio.

f: Frecuencia.

D: Duración

Hz: Hertz.

s: segundos.

IN: Interruptor de Potencia.

REC: Recloser

SBC: Seccionador Bajo Carga

NMT: Nodo de Media Tensión

GIS: Sistema Georreferencial Internacional (Georreferencial International System).

ANSI: Instituto Americano de Estándares Nacionales

SEL: Schweitzer Engineering Laboratories

CTR: controlador

RT: Regulador de tensión

P.U: valores por unidad

OLTC: On-Load Tap Changer

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 TITULO.

“Análisis estacionario de un sistema de regulación automática de voltaje para mejorar la tensión de operación del alimentador en 10.5 kv Dolorespata N°08”.

1.2 RESPONSABLES.

Br.: Frank Rhandall Flores Noalcca

Br.: Marco Antonio Hillpa Fuentes

1.3 ZONA DE ESTUDIO.

El ámbito geográfico del estudio comprende el área de suministro de energía eléctrica del alimentador en media tensión Dolorespata N°08, es decir, parte de los distritos de Santiago y San Sebastián de la provincia y región de Cusco; con un promedio 25 000 usuarios, de los cuales, existen cargas importantes como centros comerciales, el terminal terrestre de Cusco, el aeropuerto Velasco Astete de Cusco, clínicas, centros de salud y demás, siendo estas, parte del área de concesión de la empresa distribuidora Electro Sur Este S.A.A.

Figura 1.1 Recorrido Georreferenciado GIS del AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Electro Sur Este S.A

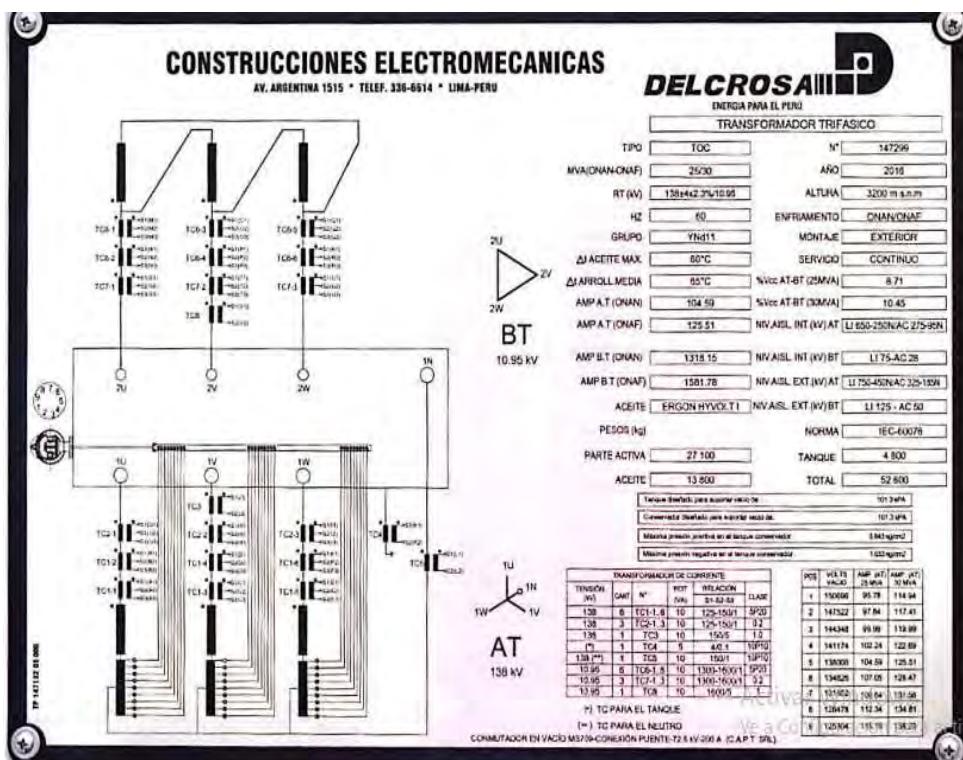
1.4 EL PROBLEMA

1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se identificó que la tensión de operación de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata(cabecera), así como la cola de línea del AMT DOLORESPATA N°08 están determinadas por 05 factores:

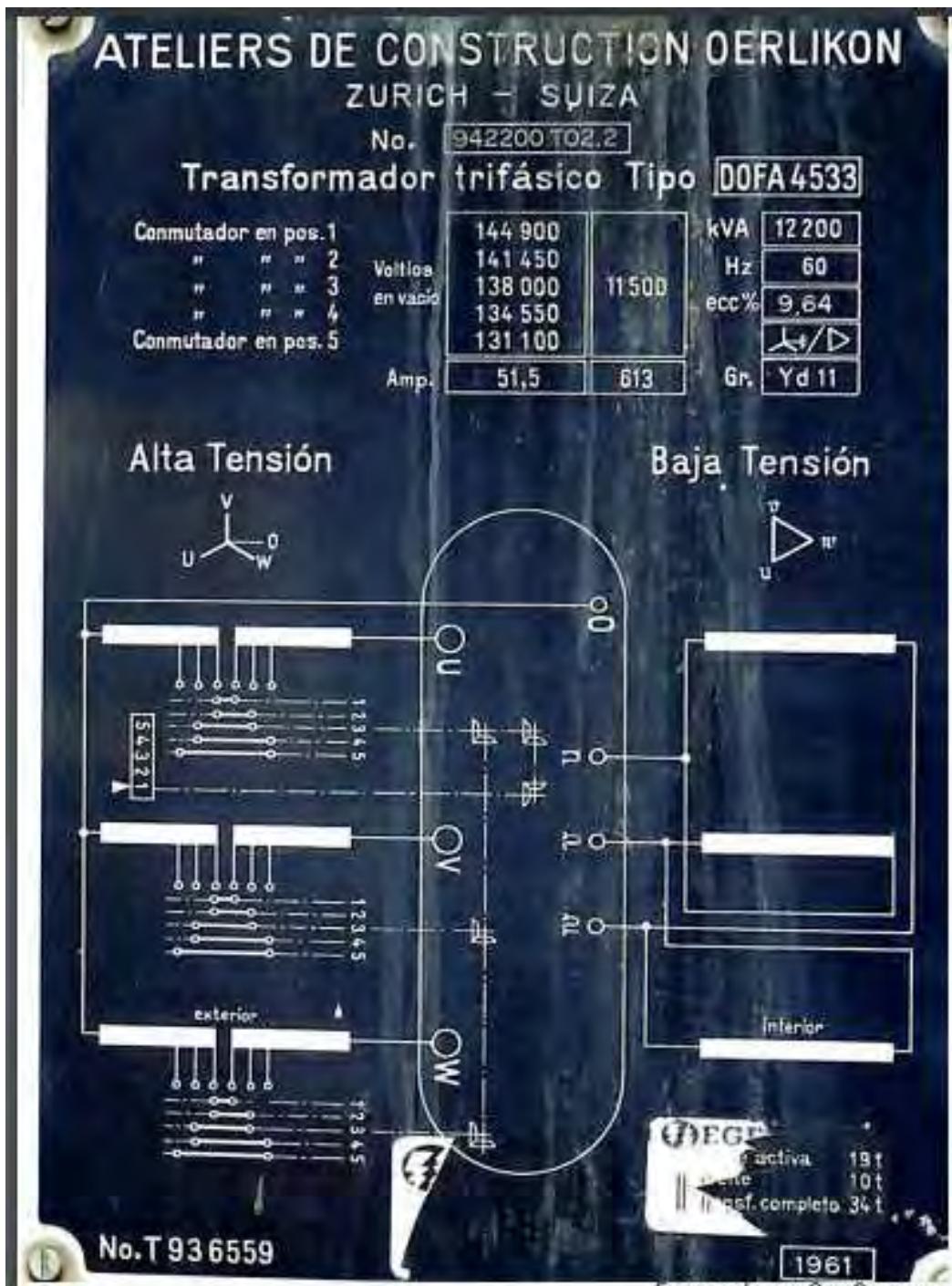
- Ninguno de los 03 transformadores de potencia de la S.E. Dolorespata cuentan con un cambiador de tomas bajo carga (OLTC). Por lo que la regulación de tensión bajo carga por medio de estos equipos no puede ser manual ni automática, lo cual quiere decir que se necesita dejar sin servicio todo el sistema eléctrico para poder cambiar los taps de regulación de tensión en cada uno de los tres transformadores (figura N° 1.2, 1.3 y 1.4)

Figura 1.2 Placa de características del transformador de Potencia.



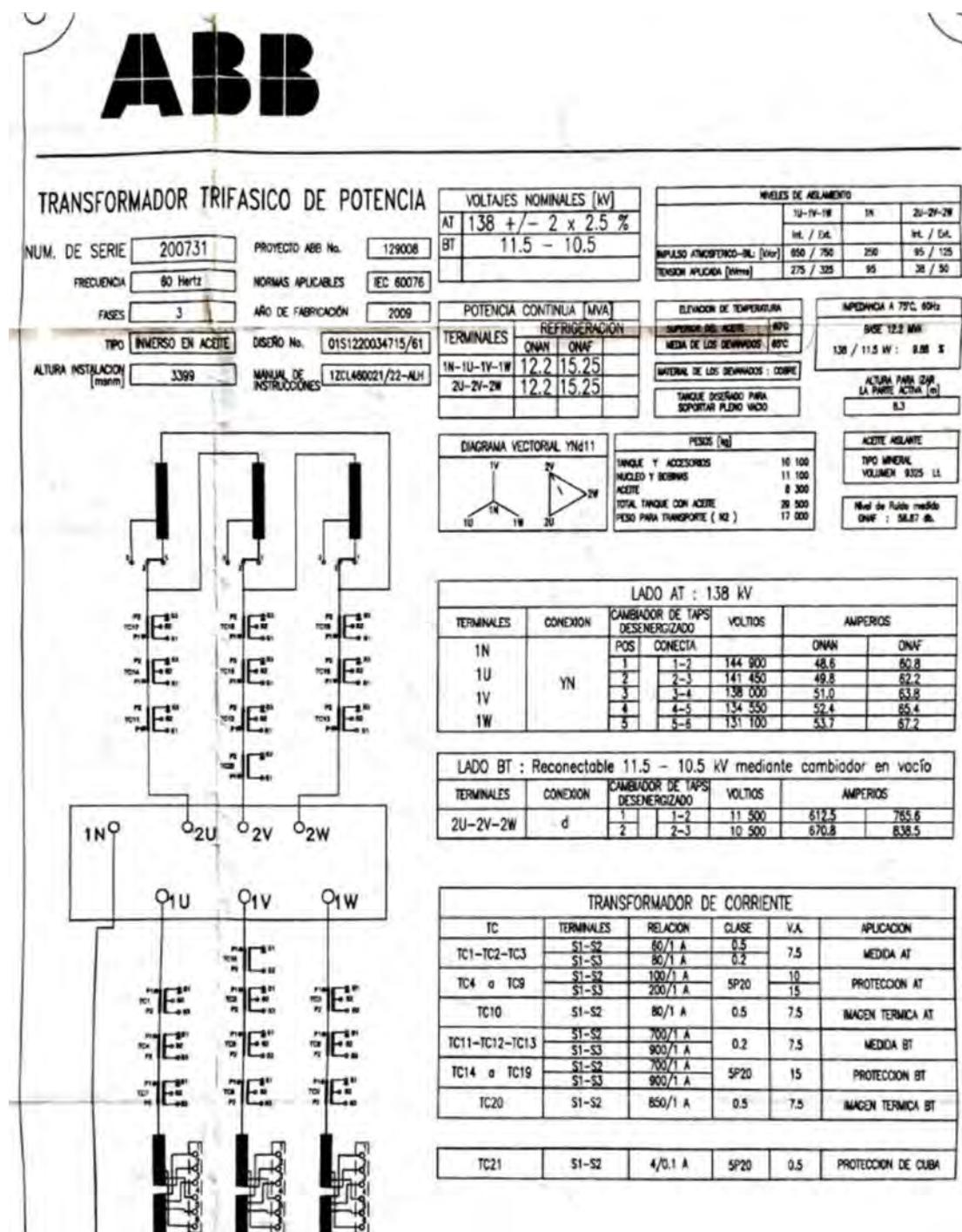
Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Figura 1.3 Placa de características de transformador de Potencia.



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

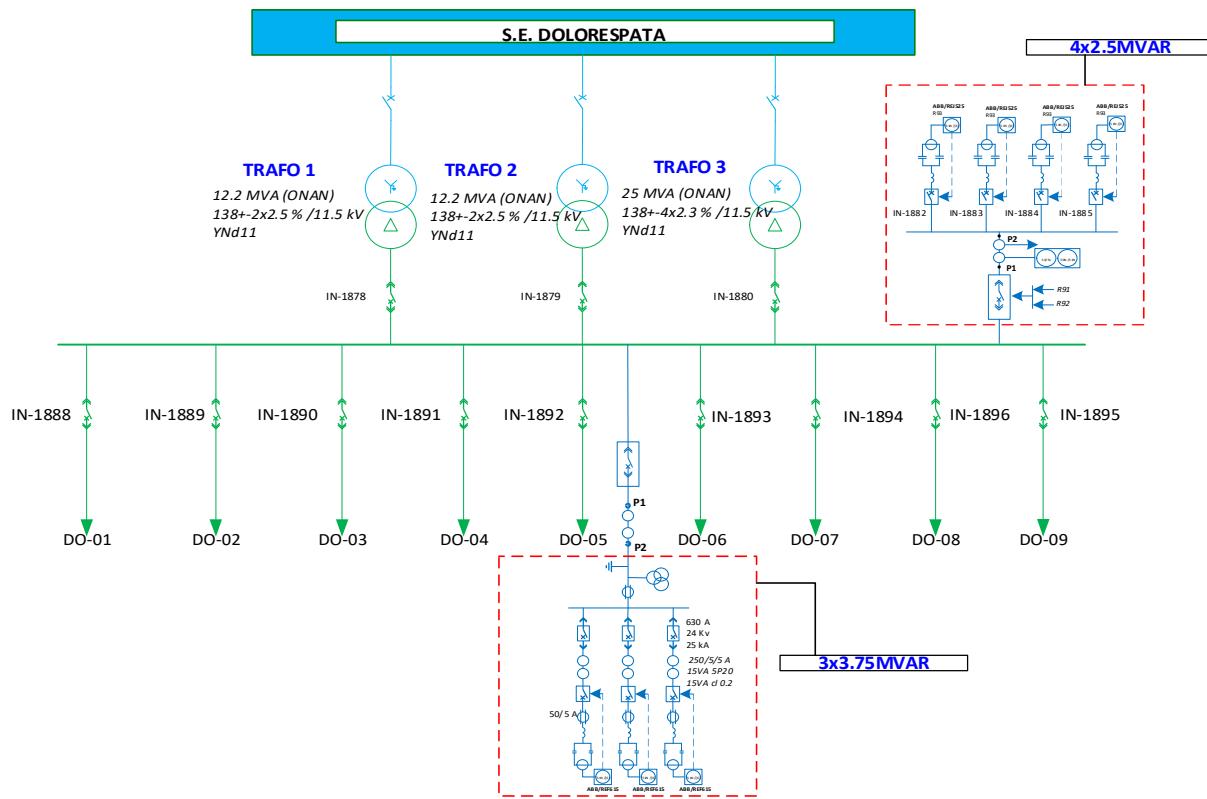
Figura 1.4 Placa de características de transformador de Potencia



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

b) Así mismo la operación de tensión desde la barra de 10.5kv (Cabecera) hasta la cola de la línea del AMT DOLORESPATA N°08 está determinada por la condición operativa de cada uno de los 07 bancos de compensación reactiva de la S.E. Dolorespata puesto que estos equipos inyectan potencia reactiva al sistema eléctrico determinando de este modo la tensión de operación de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata y que este se ve reflejado en nuestro alimentador DOLORESPATA N°08 que es materia de estudio.

Figura 1.5 Diagrama Unifilar de la Subestación Eléctrica de Dolorespata (138/11.5kV).



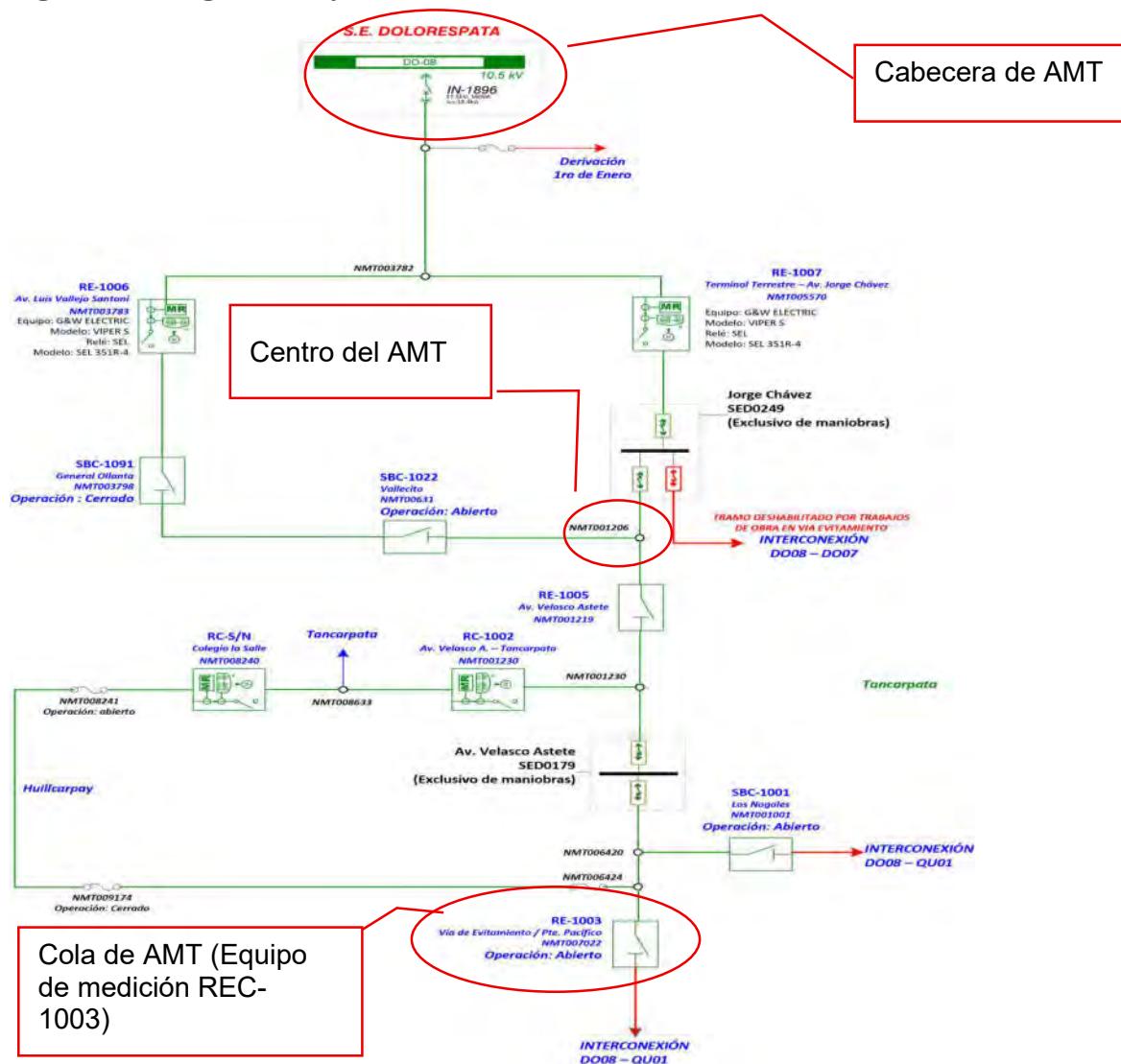
Nota: Electro Sur Este S.A.A.

c) La tensión en la barra de AT la S.E. Dolorespata otorgada por SEIN, que es regulada por la Norma Técnica de Operación en Tiempo Real y por su agente operador (COES); también influye en la tensión de operación de nuestro sistema eléctrico debido a que

cuando presenta variaciones tensión en el lado de AT (138kv) estas reflejan al lado de BT (10.5kV) de acuerdo con las condiciones operativas del SEIN.

- d) La configuración radial del alimentador, caracterizado por tener un único punto de alimentación y que tiene una longitud de 40km genera condiciones propicias para la aparición de caídas de tensiones naturales, estas condiciones son propias del alimentador DOLORESPATA N°08, la figura 1.6 muestra el diagrama unifilar del AMT DOLORESPATA N°08.

Figura 1.6 Diagrama Unifilar del AMT DOLORESPATA N°08



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

e) Otro factor importante que determina la tensión de operación de tensión son las demandas de energía eléctrica en los distintos bloques horarios (mínima, media y máxima demanda); debido a que los suministros conectados a la barra de 10.5kv presentan variaciones características de una “carga variable”, por lo que se afirma que la tensión de operación también está sujeta a la variación de la demanda de energía en toda la barra de 10.5kv, por lo tanto la condición operativa de la tensión en la barra de 10.5kv condiciona el nivel de tensión en todos los alimentadores conectados a ella, incluido el DOLORESPATA N°08 y que mejorando la tensión de operación en la barra de 10.5 kv y centro de carga del AMT, se mejorara la tensión de operación en el alimentador DOLORESPATA N°08. Las figuras 1.7 y 1.8 muestran los valores máximos de tensión registrados en la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata en los últimos 04 años (registros de hasta 5.4% por encima del valor nominal). Además de que se vulneren las tolerancias establecidas por la NTCSE, estas magnitudes son muy cuestionables en comparación a una subestación de transformación con regulación automática, (donde la desviación del valor nominal es de 2% como máximo).

Figura 1.7 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata 10.5 Kv



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Figura 1.8 Máximos Niveles de Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

La figura 1.9 muestra una sobretensión crítica de duración de alrededor de 8 horas seguidas desde las 23 Horas del 09 de julio del 2023 hasta las 07 horas del día 10 de julio del 2023., estas sobretensiones son causadas por la mala operación del sistema de regulación de tensión (operación manual de bancos capacitivos) debido a que en horas valle estas tensiones tienen a incrementarse en todo el alimentador llegando a tomar valores que transgreden la NTCSE como en la figura señala.

Figura 1.9 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata 10.5 Kv



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

La figura 1.10 muestra una sobretensión crítica de alrededor de 3 horas desde las 22 Horas del 08 de octubre del 2023 hasta las 01 Horas del 09 de octubre del 2023.

Figura 1.10 Máxima tensión registrada-S.E. Dolorespata 10.5 Kv

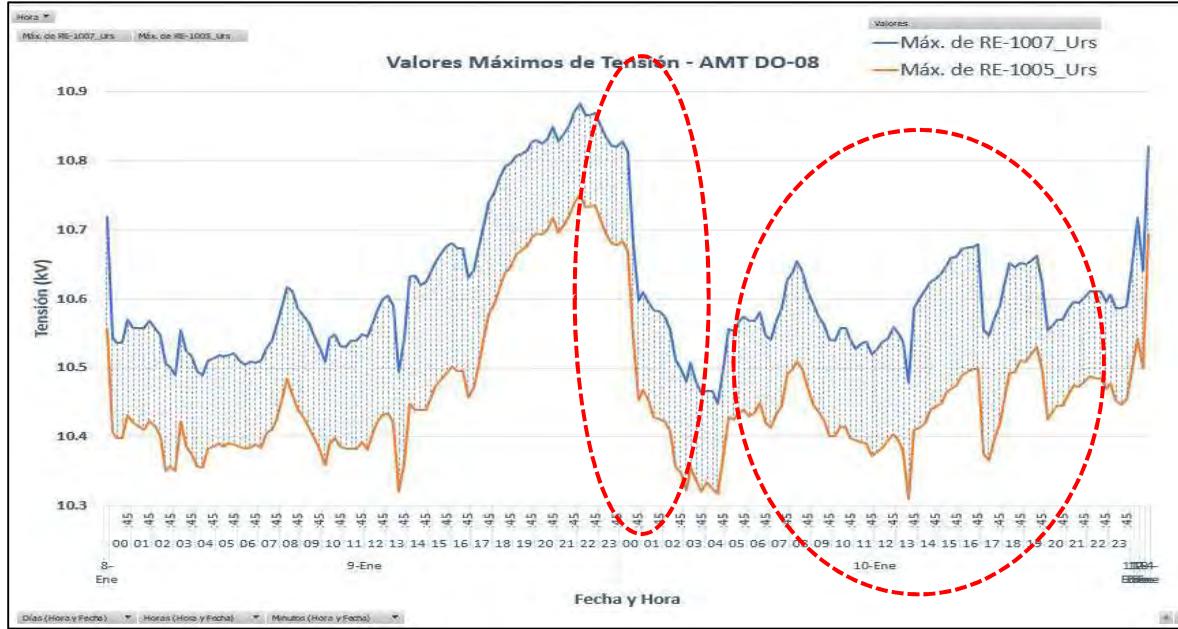


Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Así mismo, las figuras 1.11 y 1.12 muestran el perfil de tensiones a lo largo de las 24 horas de un día típico de demanda, registrados por 02 equipos inteligentes de medición (Recloser 1007 y 1005), ubicados próximos al centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08. Tales mediciones nos permiten analizar el comportamiento de la tensión de operación en este punto.

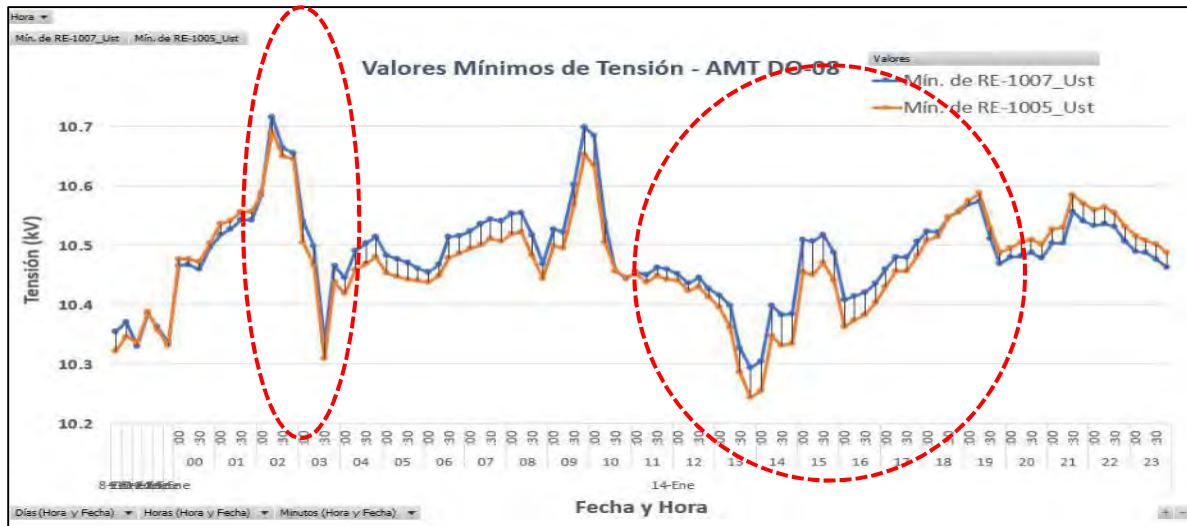
Se presentan 02 muestras que corresponden a la semana N° 02 del año 2024 (08 al 14 de enero de 2024). Estas mediciones muestran la existencia de variaciones súbitas de tensión en períodos muy cortos debido a maniobras de conexión y desconexión de los bancos de compensación reactiva en la S.E. Dolorespata, tal y como se muestra en la figura indicada encerrada en círculo rojo.

Figura 1.11 Máximos Niveles de Tensión en la Troncal del AMT DOLORESPATA N°08 (Año 2024)



Nota: Electro Sur Este S.A.A

Figura 1.12 Mínimos Niveles de Tensión en la Troncal del AMT DOLORESPATA N°08 (Año 2024)

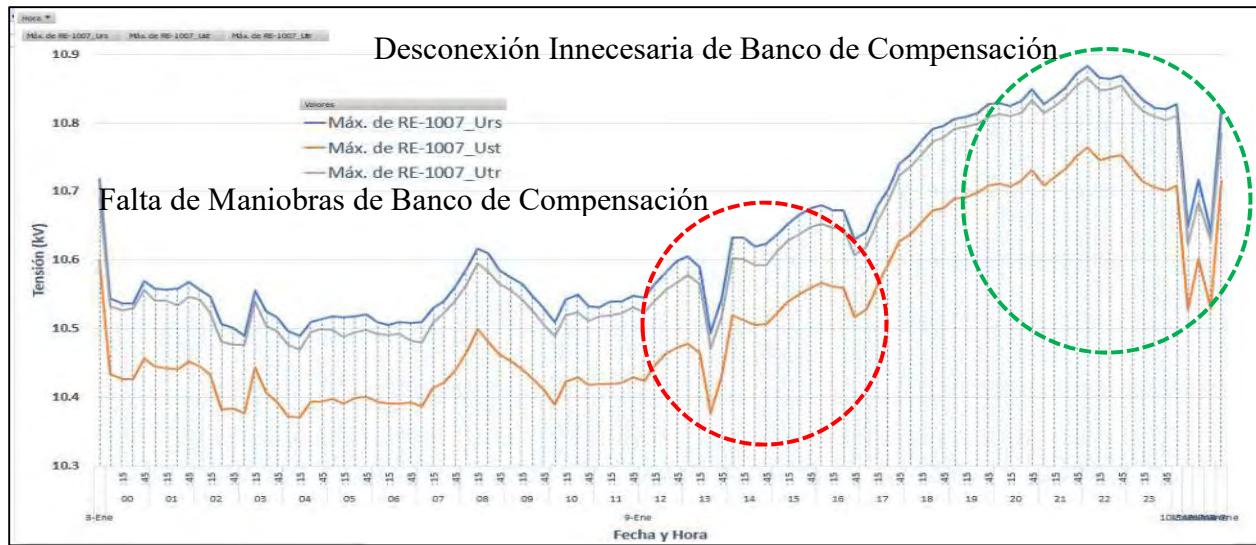


Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Además, la figura 1.13 sugiere que la operación de los bancos de compensación reactiva en la S.E. Dolorespata no es eficiente; esto debido a que se ha identificado operaciones innecesarias

en determinados bloques horarios y falta de maniobras en otros, además cabe señalar que la operación de los bancos tiene un control manual.

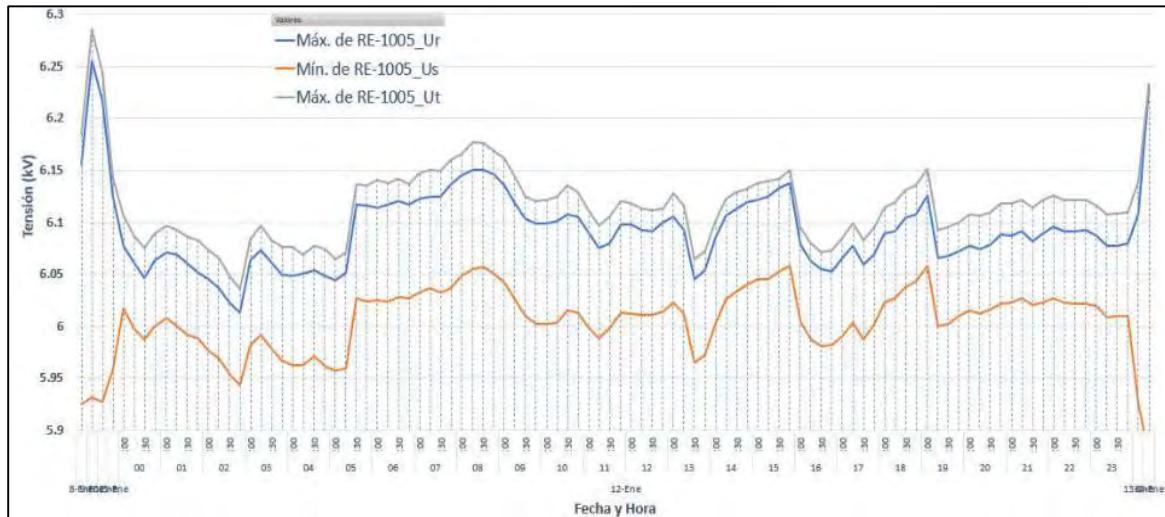
Figura 1.13 Perfil de Tensiones del RE-1007 del AMT DOLORESPATA N°08 (09 de enero de 2024)



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Adicionalmente, la figura 1.14 ha evidenciado que existe un desbalance en las tensiones de fase, donde en un sistema equilibrado ideal la tres fases deberían tener igual magnitud , sin embargo ocurre que en las redes de distribución muchas veces las cargas monofásicas están conectados de forma desigual a las tres fases , que si bien es un fenómeno natural en una red de distribución; hoy en día, es una condición operativa que puede ser tratada por medio del uso de autotransformadores monofásicos de media tensión que conectadas por fase logran ajustar tensiones e igualarlas entre sí.

Figura 1.14 Tensiones de Fase del RE-1005 del AMT DOLORESPATA N°08 (12 de enero de 2024)



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

La figura 1.15 muestra el perfil de tensiones mínimos registrados en la barra de 10.5kv que pueden llegar hasta tensiones de 10.35kv, dichas tensiones al recorrer todo el trayecto del alimentador D0-08 sufrirá caídas naturales de tensión debido las características radiales y longitudinales propias del alimentador, cabe señalar que el alimentador DOLORESPATA N°08 tiene una longitud de 40km.

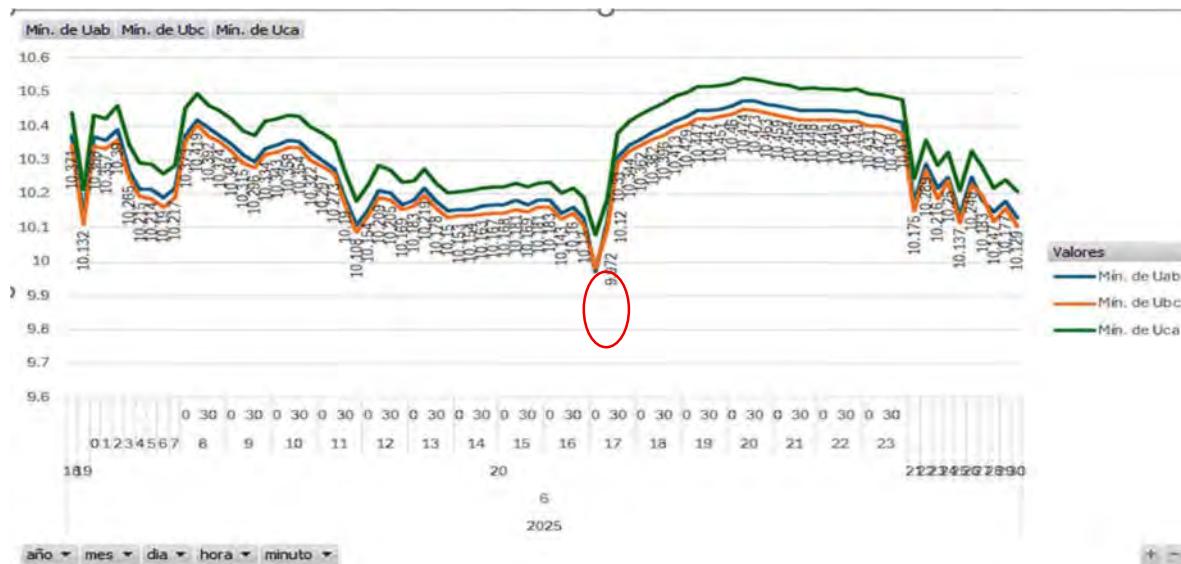
Figura 1.15 Mínimos Niveles de Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 (2020 – 2023).



Nota: Electro Sur Este S.A.A.

En la cola del alimentador se tiene instalado un equipo de medición REC-1003, este equipo ha registrado y ha evidenciado que en este punto existen caídas de tensión que pueden llegar incluso a transgredir la NTCSE(registros por debajo del -5% del valor nominal), las figuras 1.16, 1.17 y 1.18 muestran las mediciones en el NMT 7022 (COLA DEL ALIMENTADOR DOLORESPATA N°08),registradas el 20 de junio del 2025, dicho día a las 17:00 horas se registró una tensión de 9.972kv , asimismo el día 05 de julio del 2025 se registró tensiones de valores de 9.961kv y 9.970 kv en dicho punto , tales mediciones transgreden claramente la NTCSE, así mismo durante el día 11 de junio del 2025 se registraron tensión de 9.971 kv, estas tensiones registradas muestran claramente que existe también el problema de subtensiones en dicho punto del alimentador, además cabe señalar que tal condición podría agravarse en los próximos años. Por lo que no se puede esperar a que exista más transgresiones para decir que existe un problema de caída de tensión.

Figura 1.16 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Junio del 2025).



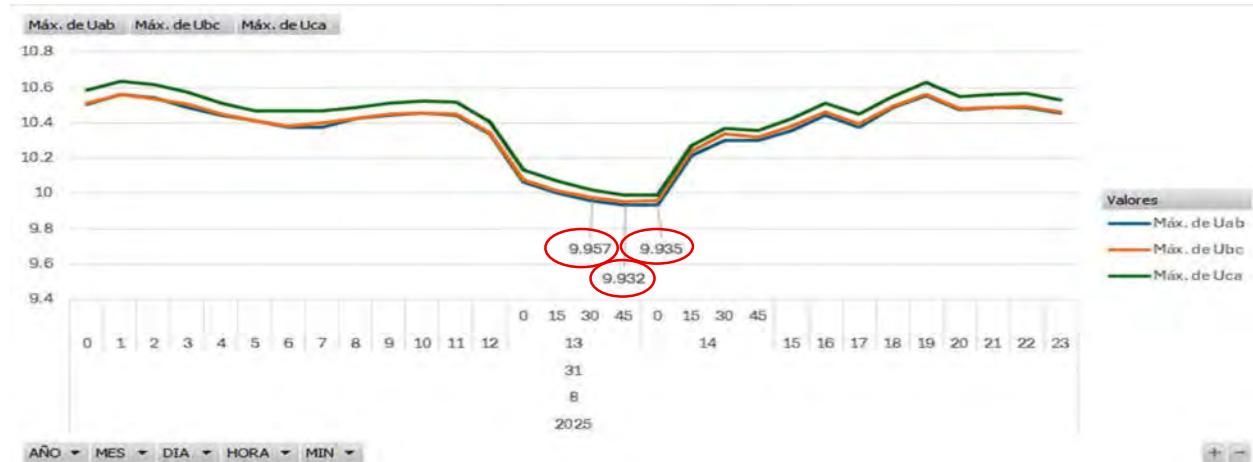
Nota: Electro Sur Este S.A.A.

Figura 1.17 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Julio del 2025).



Nota: Electro Sur Este S.A.A

Figura 1.18 Mínimos Niveles de Tensión en cola del AMT DOLORESPATA N°08 (Mes de Agosto del 2025).



Nota: Electro Sur Este S.A.A

Por lo expuesto, se ha identificado que la regulación de tensión en la barra de 10.5 kV de la S.E. Dolorespata influye directamente en el perfil de tensión de las cargas conectadas a esta, incluido el AMT DOLORESPATA N°08. Tal regulación de tensión en la barra al ser operado manualmente trae como consecuencia tensiones que transgreden la NTCSE en cabecera y cola del AMT DOLORESPATA N°08 en diferentes horarios de demanda. Así mismo las características

radiales del alimentador traen como consecuencia caídas naturales de tensión debido a las impedancias de la línea, por lo que se requiere de un sistema de regulación de tensión más eficiente, que permita mantener dentro de los límites normativos la tensión de operación tanto en la barra, centro de carga y fin de línea del AMT DOLORESPATA N°08, por lo que, realizamos la siguiente pregunta: ¿Cómo mejorar la tensión de operación en régimen permanente del alimentador en media tensión Dolorespata N°08 mediante un modelo de regulación automática de voltaje? este trabajo de investigación propone utilizar un sistema conexión y desconexión automática de los bancos de compensación reactiva de la S.E. Dolorespata por medio de la asistencia de relés digitales, así como la instalación de un banco de regulación automática de tensión (03 autotransformadores monofásicos) en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08 .

1.4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.4.2.1 PROBLEMA GENERAL:

¿Cómo mejorar la tensión de operación en régimen permanente del alimentador en media tensión Dolorespata N°08 mediante un sistema de regulación automática de voltaje?

1.4.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- a) ¿Qué consecuencias origina la regulación manual de voltaje de S.E. Dolorespata y la característica radial de la línea de media tensión en la tensión de operación a lo largo del alimentador Dolorespata N°08?
- b) ¿Cómo estará estructurado el sistema de regulación de voltaje propuesto para el alimentador en media tensión Dolorespata N°08?

- c) ¿Cuál será el comportamiento y resultado de la incorporación de un sistema de regulación automática de voltaje al alimentador en media tensión Dolorespata N°08?

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de regulación de voltaje, para mejorar la tensión de operación en régimen permanente del alimentador en media tensión Dolorespata N°08.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Determinar las consecuencias que tiene la regulación manual de voltaje de S.E. Dolorespata en la tensión de operación del alimentador en media tensión Dolorespata N°08
- b) Estudiar los sistemas de regulación de voltaje convencionales y elaborar una propuesta para su control automático; que será aplicado en el alimentador en media tensión Dolorespata N°08.
- c) Analizar el comportamiento y evaluar resultados del sistema de regulación de voltaje que será incorporado al alimentador en media tensión Dolorespata N°08.

1.6 HIPÓTESIS.

1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL:

La implementación de un sistema de regulación automática de voltaje en la barra de 10.5kv y en el centro de carga del alimentador de media tensión Dolorespata N°08, mejorará la tensión de operación de dicho alimentador.

1.6.2 HIPOTESIS ESPECIFICA:

- a) El alimentador en media tensión Dolorespata N°08 presenta variaciones súbitas y sostenidas en la tensión de operación en distintos bloques horarios debido a la regulación manual de voltaje de la S.E. Dolorespata.
- b) El sistema de regulación de voltaje utilizará elementos convencionales con sistemas de control configurados de acuerdo a la necesidad del alimentador en media tensión Dolorespata N°08.
- c) El sistema de regulación de voltaje aplicado en media tensión Dolorespata N°08 presenta un buen desempeño en régimen estacionario y mejora significativamente los indicadores de la tensión de operación.

1.7 VARIABLES E INDICADORES

1.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Variables Independientes	Indicadores
Sistema de Regulación de Tensión	<ul style="list-style-type: none">• Capacidad de regulación (Amplitud - alcance)• Velocidad de respuesta. (Tiempo de respuesta)

1.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Variable Dependiente	Indicadores
Tensión de Operación	<ul style="list-style-type: none">• Frecuencia de desviaciones de voltaje• Duración de desviaciones de voltaje

1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1 ALCANCES.

La siguiente investigación comprende:

- a) Análisis del comportamiento en régimen estacionario de los elementos de regulación de tensión del alimentador en media tensión Dolorespata N°08.
- b) Estudio de los controladores de los elementos de regulación a través de modelos más simplificados utilizados en la literatura.
- c) Análisis de los impactos técnicos que producirá la utilización de elementos de regulación de tensión en el alimentador en media tensión Dolorespata N°08.

1.8.2 LIMITACIONES.

La siguiente investigación se limitará a lo siguiente:

- a) Este trabajo utilizará dos elementos de regulación de voltaje en media tensión que son utilizados en múltiples proyectos (autotransformadores monofásicos y bancos de compensación reactiva).
- b) Esta investigación se enfocará exclusivamente en el análisis de la tensión operación en todo el recorrido del alimentador Dolorespata N°08 y en la barra de 10.5 kV.(cabecera del alimentador Dolorespata N°08) La elección de este alimentador responde a que es el más representativo de todos los alimentadores conectados a la barra de 10.5kv, al concentrar la mayor capacidad de carga y presentar la mayor extensión topológica. Estas características lo convierten en un caso crítico para el análisis de la regulación de tensión a lo largo del alimentador. Asimismo, los resultados obtenidos a partir de este estudio permiten inferencias relevantes para otros alimentadores con condiciones

similares, sin que sea estrictamente necesario extender el análisis a todos ellos. Esto permite mantener el enfoque de la investigación sin comprometer la validez técnica del análisis ni la aplicabilidad de los resultados

- c) El estudio de regulación de tensión solo será evaluado en régimen permanente, debido a que no se cuenta con toda la información necesaria para su evaluación en régimen transitorio.
- d) Este trabajo no considera la coordinación de las protecciones del AMT DOLORESPATA N°08.
- e) Este trabajo no considera aspectos económicos. De hecho, en la literatura, los aspectos económicos no están claros, por lo que este trabajo carece de justificativa económica.
- f) El presente estudio no considera los efectos que podrían producir las variaciones de tensión en el lado de alta tensión (138 kv) hacia el lado de media tensión (10.5kv) debido a que el presente trabajo se enfoca en los fenómenos eléctricos en media tensión.

1.9 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

El constante crecimiento de la demanda de energía, así como la normativa vigente, obligan a la concesionaria a mejorar su sistema eléctrico de distribución. De hecho, suministrar energía constante es una prioridad en sistemas de distribución, así como la tensión de operación. En este contexto, se mencionan la justificativa del estudio en los siguientes aspectos:

- a) Académico: Este trabajo será un inicio a los futuros trabajos académicos de la UNSAAC, relacionados al uso de elementos de regulación de tensión aplicados a sistemas de distribución, de hecho, es de suma importancia entender las redes del futuro, que estarán compuestas masivamente por cargas residenciales e industriales de

magnitud significativa. En este contexto, los sistemas de regulación jugarán un rol protagónico para el correcto funcionamiento de estos sistemas eléctricos.

- b) Económico: El sistema eléctrico de distribución tiene la prioridad de suministrar energía eléctrica continua y de calidad. Por ello, al producirse transgresiones en la calidad de tensión, estas se reflejan en pérdidas económicas para la concesionaria y los usuarios finales.
- c) Social: Tensiones que se encuentran fuera de las tolerancias de la NTCSE paralizan las actividades de la sociedad. Este aspecto está directamente relacionado con la imagen de la concesionaria y lo económico, por ello, la empresa de distribución eléctrica tiene la obligación de mantener un servicio eléctrico continuo y de calidad para lograr la satisfacción del usuario final.

1.10 METODOLOGÍA

1.10.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población está conformada por todos los elementos sujetos a una regulación de tensión del alimentador Dolorespata N°08. Esta población incluye la subestación de transformación, subestaciones de distribución, bancos capacitivos y cargas conectadas a lo largo de todo el alimentador desde su punto de origen en subestación de potencia hasta el fin de línea.

Se tomará como muestra el estudio del suministro en media tensión del alimentador Dolorespata N°08, que brinda el servicio de energía eléctrica a una parte de los distritos de Santiago y San Sebastián de la provincia y región de Cusco.

Este alimentador ha sido seleccionado de forma intencional por su criticidad en cuanto a longitud, magnitud de carga y presencia de problemas de regulación de tensión.

El tipo de muestra es de carácter no probabilístico, específicamente intencional, debido a que no se seleccionaron alimentadores al azar, sino que se eligió uno que presenta condiciones representativas y críticas para el objetivo del estudio.

1.10.2 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

El método de investigación es deductivo – hipotético porque combina la evaluación de la realidad con la observación de esta misma con el fin de plantear una hipótesis que pueda producir un cambio significativo, es decir se observan comportamientos de un sistema para luego caracterizarlo y poder obtener resultados en el escenario real actual y uno proyectado.

1.10.3 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.

. El tipo de investigación es cuantitativo porque permite calcular y/o estimar las magnitudes del fenómeno en estudio, así mismo, este tipo de investigación se caracteriza por ser objetiva y orientada al resultado.

1.10.4 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

El nivel de la investigación es descriptivo porque se diagnosticará la tensión de operación actual del suministro en media tensión del alimentador Dolorespata N°08 y una evaluación futura del mismo con los cambios propuestos.

1.10.5 PRESENTACION DE DATOS

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Las técnicas utilizadas se basan en:

- a) Análisis documental: Consultas bibliográficas, consulta de papers, internet, normatividad existente, y toda la documentación brindada por la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A.

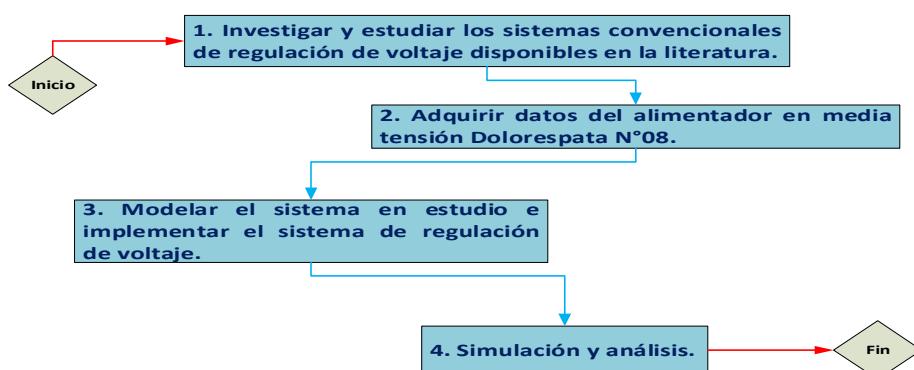
- b) Entrevistas: Se tuvo la oportunidad de entrevistar a los trabajadores del área de Control de Calidad de la concesionaria, quienes se encuentran inmersos en la evaluación diaria y problemática del sistema en estudio.
- c) Observación experimental: Durante varias visitas al centro de control de la concesionaria, pudimos ser testigos de las condiciones operativas en tiempo real del suministro en media tensión del alimentador Dolorespata N°08 y de la necesidad de elaborar un estudio de mejora de la tensión de operación en régimen permanente.

1.10.6 PROCESAMIENTO DE DATOS.

La metodología aplicada para este trabajo de investigación será a través del modelamiento matemático y computacional del sistema eléctrico de potencia de la ciudad de Cusco y de las componentes eléctricas en media tensión del alimentador Dolorespata N°08 (líneas, transformadores de distribución y cargas). El software utilizado para el modelado es DIGSILENT Power Factory.

La Figura 1.18 presenta la secuencia de la metodología a seguir en este trabajo de investigación.

Figura 1.19 Esquema de la Metodología a Seguir



NOTA: Elaboración Propia

1.11 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo mejorar la tensión de operación en régimen permanente del alimentador en media tensión Dolorespata N°08 mediante un modelo de regulación automática de voltaje?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Qué consecuencias origina la regulación manual de voltaje de la S.E. Dolorespata en la tensión de operación del alimentador en media tensión Dolorespata N°08? ➤ ¿Cómo estará estructurado el sistema de regulación de voltaje propuesto para el alimentador en media tensión Dolorespata N°08? ➤ ¿Cuál será el comportamiento y resultado de la incorporación de un sistema de regulación automática de voltaje al alimentador en media tensión Dolorespata N°08? 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Implementar un modelo simplificado de regulación de voltaje, para mejorar la tensión de operación en régimen permanente del alimentador en media tensión Dolorespata N°08.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar las consecuencias que tiene la regulación manual de voltaje de la S.E. Dolorespata en la tensión de operación del alimentador en media tensión Dolorespata N°08. ➤ Modelar un sistema de control para la regulación automática de voltaje del alimentador en media tensión Dolorespata N°08. ➤ Analizar el comportamiento y evaluar resultados del sistema de regulación de voltaje que será incorporado al alimentador en media tensión Dolorespata N°08. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La implementación de un sistema de regulación automática de voltaje en la barra de 10.5kv y en el centro de carga del alimentador de media tensión Dolorespata N°08. mejorará la tensión de operación de dicho alimentador.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El alimentador en media tensión Dolorespata N°08 presenta variaciones súbitas y sostenidas en la tensión de operación en distintos bloques horarios debido a la regulación manual de voltaje de la S.E. Dolorespata ➤ El sistema de regulación de voltaje utilizará elementos convencionales con sistemas de control configurados de acuerdo a la necesidad del alimentador en media tensión Dolorespata N°08. ➤ El sistema de regulación de voltaje aplicado en media tensión Dolorespata N°08 presenta un buen desempeño en régimen estacionario y mejora significativamente los indicadores de la tensión de operación. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Sistema de Regulación de voltaje</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Capacidad de regulación. (Amplitud - alcance) •Velocidad de respuesta. (Tiempo de respuesta) <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Tensión de Operación.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Frecuencia de desviaciones de voltaje. (A)valor adimensional •Duración de desviaciones de voltaje. (B)valor adimensional en horas y minutos significa cuanto tiempo la tensión ha trasgredido la tolerancia en un determinado tiempo. 	<p>MÉTODO DE LA INVESTIGACION</p> <p>El método de investigación es deductivo – hipotético porque combina la evaluación de la realidad con la observación de esta misma con el fin de plantear una hipótesis que pueda producir un cambio significativo, es decir se observan comportamientos de un sistema para luego caracterizarlo y poder obtener resultados en el escenario real actual y uno proyectado.</p> <p>TIPO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>El tipo de investigación es cuantitativo porque permite calcular y/o estimar las magnitudes del fenómeno en estudio, así mismo, este tipo de investigación se caracteriza por ser objetiva y orientada al resultado.</p> <p>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.</p> <p>El nivel de la investigación es descriptivo porque se diagnosticará la tensión de operación actual del alimentador en media tensión Dolorespata N°08 y una evaluación futura del mismo con los cambios propuestos.</p>

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presentan las bases teóricas fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Se abordan los conceptos clave relacionados con la regulación automática de voltaje, los sistemas eléctricos de distribución y el análisis estacionario de un sistema eléctrico.

2.2 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA

Los sistemas de distribución eléctrica son responsables de llevar la energía desde las subestaciones hasta los usuarios finales, manteniendo niveles adecuados de voltaje y calidad del servicio.

Está compuesto por subestaciones de transformación y distribución, alimentadores en media tensión, transformadores de distribución, redes de baja tensión, equipos de protección y maniobra, sistemas de medición y control, así como los propios usuarios.

En un sistema eléctrico, la estabilidad del voltaje es crucial para garantizar la eficiencia del suministro y evitar fluctuaciones que puedan dañar los equipos eléctricos.

A continuación, se menciona los principales componentes de un Sistema de distribución eléctrica:

2.2.1 SUBESTACION DE TRANSFORMACION

Una Subestación Eléctrica de transformación es un conjunto de dispositivos, máquinas, aparatos y circuitos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia, que tiene la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, tensión y corriente, y de proveer un medio de interconexión que permite el suministro de la misma a sistemas de distribución y líneas de subtransmisión, alberga transformadores de potencia, equipos de maniobra, protección y medición.

2.2.2 SUBESTACION DE DISTRIBUCION

Una subestación de distribución, es una instalación eléctrica encargada de transformar la energía desde niveles de media tensión, típicamente de 10.5 kV, 22.9 kV o 33 kV, a niveles de baja tensión (como 0.4 kV o 0.23 kV), adecuados para el consumo final. Estas subestaciones forman parte del sistema de distribución y permiten alimentar directamente a usuarios residenciales, comerciales o industriales, integrando equipos de maniobra, protección, medición y seccionamiento. Albergan transformadores de distribución, equipos de maniobra medición y protección.

2.2.3 CARGA ELECTRICA

En un sistema eléctrico, la carga se refiere a la cantidad de energía consumida por los dispositivos conectados a la red. Las cargas eléctricas pueden clasificarse en diferentes tipos según su naturaleza y comportamiento en el sistema de distribución. Los principales tipos de carga son:

- **Carga resistiva:** Si el receptor se comporta como una resistencia pura, la intensidad no sufre ningún desfase con respecto a la tensión, Las caídas que se producen en la línea (resistencia de línea más reactancia inductiva de línea).(Mujal, 2002, p. 33).
- **Carga inductiva:** “Caracterizada por el uso de bobinas y campos magnéticos, esta carga tiende a retrasar la corriente respecto al voltaje, afectando el factor de potencia. Motores eléctricos, transformadores y reactores son ejemplos de este tipo de carga” (Mujal, 2002, p. 33).
- **Carga capacitiva:** “Se genera en dispositivos que almacenan energía en un campo eléctrico, adelantando la corriente respecto al voltaje. Se encuentra en

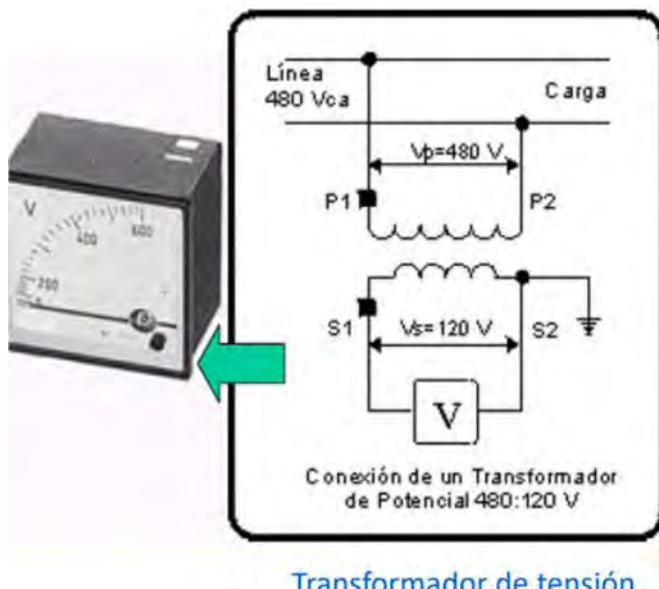
condensadores y ciertos sistemas electrónicos de corrección de factor de potencia” (Mujal, 2002, p. 33).

2.2.4 EQUIPOS DE PROTECCION Y MEDICION

2.2.4.1 TRANSFORMADOR DE TENSION

Son dispositivos que convierten mediciones de alta tensión en valores manejables para un equipo de medición y protección(relé), Según M.Perez(2021) “Los transformadores de tensión son transformadores que transforman altas tensiones en tensiones medibles.

Figura 2.1 Diagrama de conexión T.T



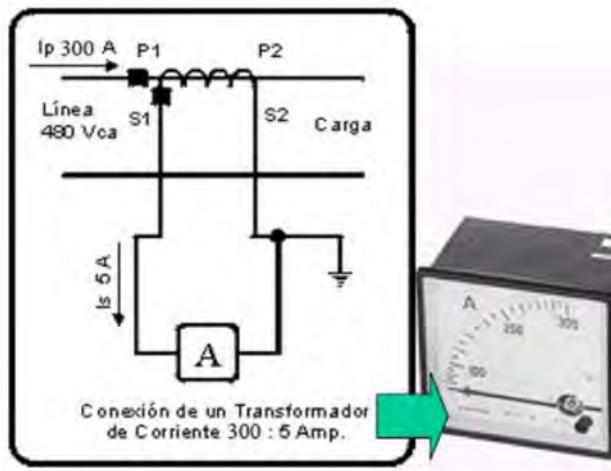
Nota: M.Perez.(2021) Transformadores de medida.

2.2.4.2 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Según M.Perez(2021) “Los transformadores de corriente, o intensidad, se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.”

Pag.26

Figura 2.2 Diagrama de conexión T.C.



Nota: M.Perez.(2021) Transformadores de medida.

2.2.4.3 RELÉ DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

El relé de protección eléctrica es un dispositivo encargado de detectar fallas en un sistema eléctrico y actuar automáticamente para minimizar daños en los equipos y garantizar la seguridad del suministro, estos dispositivos funcionan mediante la medición de parámetros eléctricos como corriente, voltaje y frecuencia, activando mecanismos de desconexión en caso de anomalías.

Figura 2.3 Relé de protección



Nota: Elaboración Propia

2.3 TENSION DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRICO

La tensión de operación es el voltaje real al que funciona un sistema eléctrico en condiciones normales de carga y demanda. Se diferencia de la tensión nominal, ya que esta última es un valor de referencia, mientras que la tensión de operación puede variar dentro de un rango permitido según las normativas vigentes. Es la adecuada y óptima suministración de energía eléctrica a los equipos y dispositivos con las características y condiciones operativas de tensión, que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

2.3.1 TENSIÓN NOMINAL

Se define a la “Tensión nominal como el valor de voltaje asignado a un sistema eléctrico, equipo o componente, utilizado como referencia para su diseño, operación y regulación” (IEEE, 2020).

Como también se define “tensión nominal es aquella para la cual un sistema eléctrico ha sido diseñado y en la que se espera que opere bajo condiciones normales. Sin embargo, en la práctica, el voltaje real puede presentar variaciones debido a la carga conectada, las características de la red y otros factores externos” (Saadat, 2018, p. 83).

“Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el $\pm 7.5\%$. Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición” (D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11).

2.3.2 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión es la disminución en el voltaje que ocurre cuando la corriente eléctrica circula a través de un conductor debido a su resistencia. Este fenómeno se produce porque parte de la energía eléctrica se disipa en forma de calor a lo largo del recorrido del cableado, lo que provoca que el voltaje al final del circuito sea menor que al inicio.

2.4 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE

La regulación de voltaje es un aspecto clave para garantizar la calidad del suministro eléctrico, especialmente en sistemas de distribución de media y baja tensión. La NTCSE establece los parámetros adecuados de tensión para su suministro en todos los niveles de tensión.

La regulación de voltaje es el proceso mediante el cual se mantiene la tensión dentro de un rango aceptable en un sistema eléctrico, asegurando un suministro estable y eficiente de energía.

2.4.1 BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA

Los bancos de compensación reactiva son dispositivos eléctricos diseñados para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico al compensar la energía reactiva generada o consumida por las cargas. Su función principal es mejorar el factor de potencia, reducir pérdidas en la red y optimizar el uso de la energía eléctrica. Estos bancos pueden ser fijos o automáticos, dependiendo de la necesidad de compensación de la instalación.

Se define “Los bancos de compensación reactiva, están compuestos por capacitores o inductores que permiten ajustar el factor de potencia a niveles óptimos, evitando penalizaciones económicas y mejorando la estabilidad del sistema eléctrico. En el caso de cargas predominantemente inductivas, como motores eléctricos o transformadores, se instalan bancos de capacitores para suministrar energía reactiva y reducir la demanda desde la red” (Arista, Flores & Quispe, 2020).

2.4.1.1 TIPOS DE BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA

- Bancos Fijos: Se conectan permanentemente a la red y su capacidad no varía.
- Bancos Automáticos: Se activan y desactivan según la demanda de energía reactiva del sistema.

2.4.1.2 CONTROL DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE

El control de los sistemas de regulación de voltaje es un proceso fundamental en la operación de sistemas eléctricos, cuyo objetivo es mantener niveles adecuados de tensión en las redes de distribución y transmisión. Este control se logra a través de dispositivos y estrategias que ajustan la magnitud del voltaje en respuesta a variaciones en la carga y otros factores operativos.

El control de voltaje es esencial para prevenir fluctuaciones que pueden afectar el desempeño de los equipos eléctricos y provocar pérdidas en la red. La implementación de reguladores automáticos y sistemas de monitoreo permite una respuesta rápida ante cambios en la demanda.

a) CONTROLADORES MANUALES.

El control manual de los sistemas de regulación de voltaje es un proceso mediante el cual los operadores ajustan de forma directa los niveles de tensión en una red eléctrica, con el objetivo de garantizar un suministro estable y eficiente. Este tipo de regulación se basa en intervenciones humanas que modifican la configuración de transformadores, generadores y otros equipos de control de voltaje en respuesta a variaciones en la demanda de energía.

“La regulación manual del voltaje consiste en la intervención de operadores especializados que supervisan los niveles de tensión en una red eléctrica y ajustan dispositivos como cambiadores de tomas en transformadores o sistemas de compensación reactiva. Aunque este método no permite una respuesta inmediata a cambios bruscos en la demanda, sigue siendo una estrategia utilizada en redes con infraestructura limitada o en procesos industriales específicos” (Quispe & Ramírez, 2021).

b) CONTROLADORES AUTOMÁTICOS.

El control automático de los sistemas de regulación de voltaje es un mecanismo que permite mantener la estabilidad de la tensión en una red eléctrica sin la intervención constante de un operador. Este sistema emplea dispositivos electrónicos y algoritmos de control que ajustan de manera dinámica el voltaje en función de las variaciones en la demanda de carga y las condiciones del sistema eléctrico.

control automático es fundamental en redes eléctricas modernas, ya que permite una respuesta rápida a cambios en la demanda, mejorando la estabilidad y eficiencia del suministro eléctrico. Este sistema es ampliamente utilizado en centrales eléctricas, redes de distribución y sistemas industriales con altos requerimientos de estabilidad de voltaje.

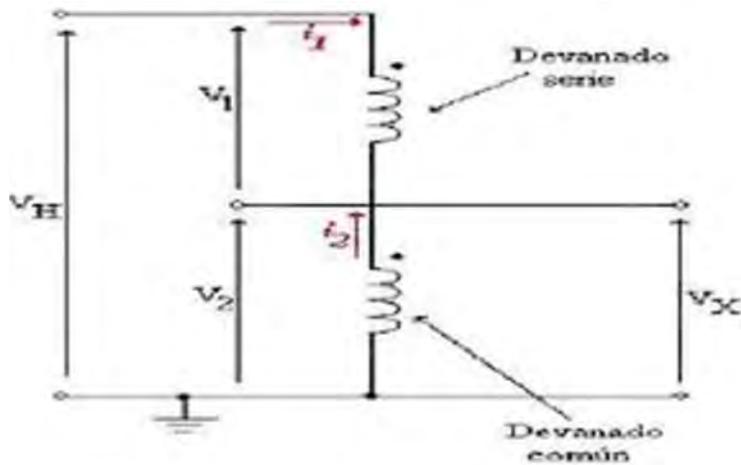
2.4.2 AUTOTRANSFORMADOR DE MEDIA TENSIÓN

Los “Autotransformadores son ampliamente utilizados en redes eléctricas de media y alta tensión para mejorar la estabilidad del sistema y reducir las pérdidas eléctricas, contribuyendo a una mayor eficiencia energética en la transmisión de energía” Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2025).

Se define también “Un autotransformador como un transformador que tiene solo 01 arrollamiento, las bobinas del primario y secundario se conectan en serie y se identifican las terminales de entrada y salida” (Avelino, 2008 p.49).

Los autotransformadores de media tensión son equipos eléctricos utilizados para elevar o reducir la tensión dentro de una misma red de media tensión, empleando un solo devanado común para las funciones de primario y secundario, en lugar de dos devanados separados como en los transformadores convencionales.

Figura 2.4 Circuito equivalente del Autotransformador

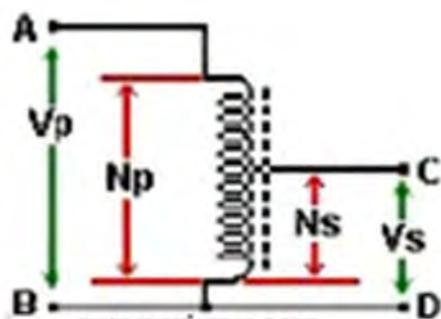


Nota: Elaboración Propia

Dicho devanado común debe tener al menos tres puntos de conexión eléctrica; la fuente de tensión y la carga se conectan a dos de las tomas, mientras que una toma (la del extremo del devanado) es una conexión común a ambos circuitos eléctricos (fuente y carga). Cada toma corresponde a una tensión diferente de la fuente (o de la carga, dependiendo del caso).

Autotransformadores reductores: son un tipo de autotransformador cuya función principal es disminuir (reducir) el nivel de tensión de entrada a un valor más bajo, dentro de un sistema eléctrico.

Figura 2.5 Circuito equivalente del autotransformador

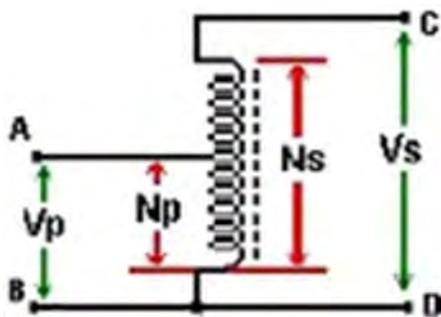


Nota: Elaboración Propia

Si se aplica una tensión alterna entre los puntos A y B, y se mide la tensión de salida entre los puntos C y D, se dice que el autotransformador es reductor de tensión, la relación de N_s/N_p es menor a uno.

Autotransformadores elevadores: Los autotransformadores elevadores son un tipo de autotransformador cuya función principal es aumentar (elevar) el nivel de tensión de un sistema eléctrico de un valor más bajo a uno más alto. Al igual que los reductores, estos autotransformadores utilizan un solo devanado continuo compartido entre el lado de entrada (baja tensión) y el lado de salida (alta tensión).

Figura 2.6 Circuito equivalente del autotransformador



Nota: Elaboración Propia

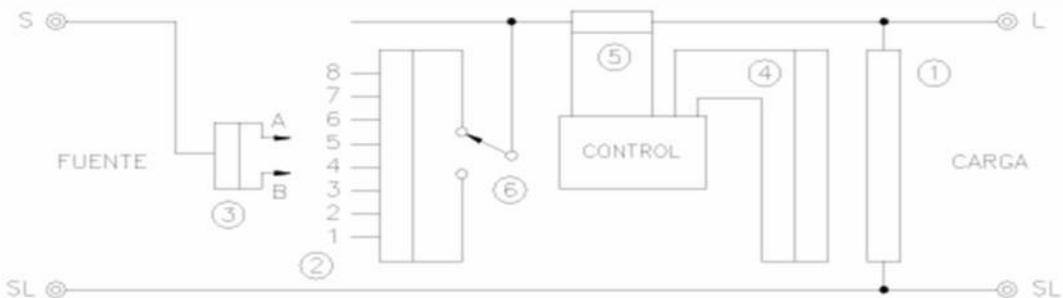
Si se aplica una tensión alterna entre los puntos C y D, y se mide la tensión de salida entre los puntos A y B D, se dice que el autotransformador es elevador de tensión, la relación de vueltas del autotransformador N_s/N_p es mayor a 1.

Este equipo tiene el propósito de corregir las variaciones de tensión de larga y corta duración. El tiempo de respuesta típico va desde los milisegundos hasta decenas de segundos.

2.4.2.1 TIPOS DE AUTOTRANSFORMADORES

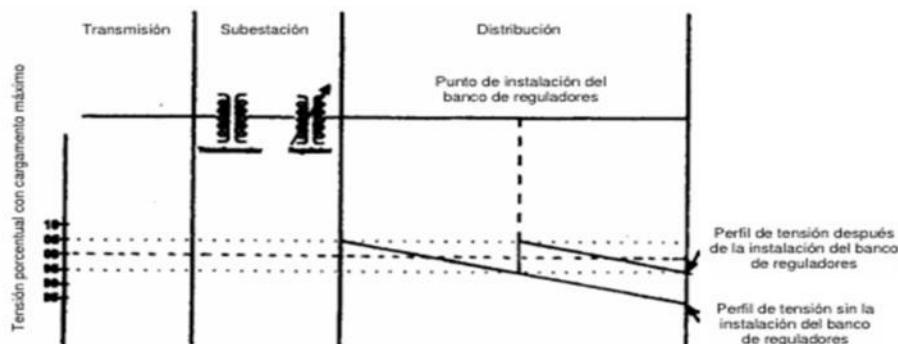
- Autotransformadores Monofásicos: Diseñados para sistemas de una sola fase, son comúnmente utilizados en aplicaciones domésticas y comerciales donde se requiere ajustar el voltaje de manera eficiente.
- Autotransformadores Trifásicos: Destinados a sistemas de tres fases, se emplean ampliamente en entornos industriales. Una de sus principales ventajas es su tamaño más compacto en comparación con transformadores trifásicos convencionales, lo que facilita su instalación en espacios reducidos. Además, presentan menores pérdidas de cobre y una mejor regulación del voltaje.

Figura 2.7 Diagrama de Autotransformador regulador de voltaje



Nota: Avelino, P. (2008). Transformadores de distribución

Figura 2.8 Diagrama de Autotransformador



Nota: TOSHIBA, (2006). Regulador de tensión monofásica.p.32

2.4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE UN REGULADOR DE TENSIÓN

El dimensionamiento de un regulador de tensión está basado en el estándar IEEE-C57.15-1999.

- Potencia aparente (KVA)
- Número de fases
- Voltaje
- Corriente
- Rango de tensión en porcentaje (elevar o disminuir)

Tabla 2.1 Parámetros de conexiónado de regulador de tensión

Tensión nominal del sistema (V)	Tensión nominal del regulador (V)	Ligación del banco de reguladores	Nivel básico de impulso	Potencia nominal del regulador	Corriente de línea (A)
4160	2400	Estrella con neutro puesto a tierra	60	50 75 100 125 167 250	200 300 400 500 668 1000
8320	4800	Estrella con neutro puesto a tierra	75	50 75 100 125 167 250 333	100 150 200 250 334 500 668
13200	7620	Estrella con neutro puesto a tierra	95	38,1 57,2 76,2 114,3 167 250 333 416 509	50 75 100 150 219 328 438 546 668
13800	13800	Delta	95	69 138 207 276 414 552	50 100 150 200 300 400
24940	14400	Estrella con neutro puesto a tierra	150 (tensión aplicada = 50kV)	72 144 216 288 333 432 576 667 833	50 100 150 200 231 300 400 463 578
34500	19920	Estrella con neutro puesto a tierra	150 (tensión aplicada = 50kV)	100 200 333 400 667 833	50 100 167 201 334 418

Nota: TOSHIBA, 2006, Regulador de tensión monofásica

Tabla 2.2 Regulador de tensión 8 a 16 Escalones

Ancho de regulación de tensión (%)	BMI – Bloque de los Taps negativos	BMA – Bloque de los Taps positivos	Corriente adicional (% de la corriente nominal)
10,0	-16	+16	100
8,75	-14	+14	110
7,5	-12	+12	120
6,25	-10	+10	135
5	-8	+8	160

Nota: TOSHIBA, 2006 Regulador de tensión monofásica, p.39.

2.4.2.3 CONTROLADOR

Se define al controlador como “El control para regulador de tensión monofásico es responsable por mantener la tensión el consumidor dentro de los parámetros seleccionados, a través del monitoreo de la línea y del accionamiento del conmutador bajo carga, como consecuencia se obtienen los siguientes beneficios: Tensión estable y corriente de carga dentro de los valores esperados” (TOSHIBA, 2006, p. 34).

Figura 2.9 Controlador TB-R800



Nota: TOSHIBA (2006) Regulador de tensión monofásica, p.34

2.4.2.3.1 AJUSTES DE UN CONTROLADOR

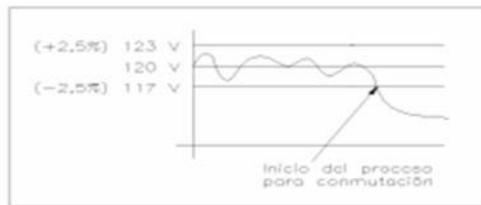
Un control para regulador de tensión monofásico debe disponer de los siguientes parámetros de ajustes, para que tenga un desempeño satisfactorio:

2.4.2.3.2 AJUSTE DE INSENSIBILIDAD (ANCHO DE BANDA).

“Determina el rango de precisión a partir de la tensión de referencia dentro de la cual el regulador considera que no hay necesidad de hacer conmutación, estableciendo así la variación máxima porcentual de tensión en la carga” (TOSHIBA, 2006, p.35).

Figura 2.10 Ancho de banda

- ✓ $V_{ref} = 120V$
- ✓ $Ins = 2,5\%$
- Ancho = $120 \pm 2,5\%$
- Ancho máximo = $123V$
- Ancho mínimo = $117V$



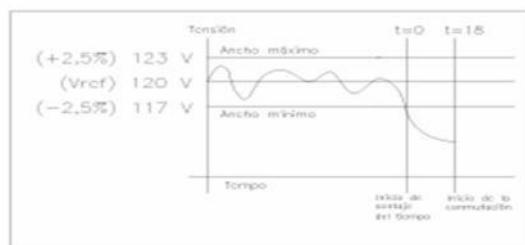
Nota: TOSHIBA, 2006, Regulador de tensión monofásica p.40.

2.4.2.3.3 AJUSTE DE TEMPORIZACIÓN.

“La finalidad del tiempo es evitar conmutaciones desnecesarias en función de variaciones rápidas de tensión. Sin ello ocurriría un número excesivo de conmutaciones, provocando desgaste mecánico acelerado del conmutador. De esa manera la corrección de tensión ocurre solamente para las variaciones de tensión cuyas intensidades están fuera de los valores ajustados por la tensión de referencia y ancho de banda y por período mayor que el determinado en el tiempo” (TOSHIBA, 2006, p. 36).

Figura 2.11 Parámetros de temporizador

- Ejemplo:**
- ✓ $V_{ref} = 120V$
 - ✓ $Ins = 2,5\%$
 - ✓ $Tiempo = 30 s$
- Suponemos que $V_c = 115V$
- $$\Delta V = |115 - 120|/120 \times 100 = 4\%$$
- $$Tat = 2,5 / 4 \times 30 = 18 s$$



Nota: TOSHIBA, 2006, Regulador de tensión monofásica p.40.

2.5 CALIDAD DE PRODUCTO.

2.5.1 CALIDAD DE TENSION.

Para evaluar la calidad de tensión se considera las disposiciones de la NTCSE y NTCSER, el indicador para evaluar la tensión de entrega se evalúa en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia (ΔV_k) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega (V_k) y el valor de la tensión nominal (VN) del mismo punto.

$$\Delta V_k (\%) = (V_k - VN) / VN \cdot 100\%; \text{ (expresada en: \%)} \dots \text{ (Fórmula N° 1)}$$

2.5.2 TOLERANCIAS

“Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el $\pm 7.5\%$.” NTCSE (P.12)

2.5.3 INTERVALOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTO.

Los intervalos de medición son intervalos de tiempo en que se miden y promedian los parámetros de calidad de producto, Según NTCSE, en su título quinto establece lo siguiente:

El lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (7) días calendario continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el Período de Control. A estos períodos se les denomina “Períodos de Medición (P.11).

En cada Período de Medición, los valores instantáneos de los parámetros de la Calidad de Producto son medidos y promediados por intervalos de quince (15) minutos para la tensión y frecuencia, y diez (10) minutos para las perturbaciones. Estos períodos se denominan “Intervalos

de Medición”. En el caso de las variaciones instantáneas de frecuencia los “Intervalos de Medición” son de un (1) minuto. (P.12)

Si en un Intervalo de Medición se comprueba que el indicador de un determinado parámetro está fuera de los rangos tolerables, entonces la energía o potencia entregada durante ese intervalo se considera de mala calidad. En consecuencia, para el cálculo de compensaciones se registran los valores medidos de los parámetros de control y se mide o evalúa la energía entregada en cada Intervalo de Medición separadamente. (P.12).

2.6 MARCO NORMATIVO

2.6.1 NORMATIVIDAD NACIONAL.

- **Ley de Concesiones Eléctricas (D.L. N.º 25844 y su regl. D.S. 009-93-EM)**

Establece el marco legal para el otorgamiento de concesiones, autorizaciones y licencias en las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en el Perú. Define los derechos y obligaciones de los concesionarios, así como las disposiciones técnicas y regulatorias para garantizar la seguridad, calidad y continuidad del servicio eléctrico.

- **Decreto Supremo N.º 020-97-EM (NTCSE).**

“Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos”, establece los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, y las obligaciones de las empresas de electricidad.

- **Resolución OSINERGMIN N° 616 2008 OS/CD**

Esta norma establece los límites de variación de tensión, frecuencia y continuidad del suministro eléctrico en el Perú, así como los indicadores de calidad que deben cumplir las empresas concesionarias.

2.6.2 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL.

- **Estándar IEEE C37.2**

Denominado “Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations” hace referencia a la asignación de números de función para identificar de manera uniforme los dispositivos de protección, medición, control y funciones empleados en sistemas eléctricos que permitan una comunicación clara entre profesionales, fabricantes y operadores ya que se constituye como la convención universalmente aceptada.

- **Norma ANSI C84.1**

Denominado “American National Standard for Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings (60 Hz)” 1 establece los valores nominales de tensión y los rangos admisibles de variación en sistemas eléctricos de potencia de 60 Hz. Define los límites de tensión de operación continua y de emergencia.

- **Estándar IEEE 1547-2018**

Denominado “Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces”, establece capacidades de control de voltaje mediante potencia reactiva, modos de regulación y la respuesta ante sobretensión y subtensión, con umbrales y tiempos definidos. Respalda que la compensación reactiva sea una práctica aceptada internacionalmente.

CAPÍTULO III: CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES DEL ALIMENTADOR EN MEDIA TENSIÓN DOLORESPATA N°08.

3.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo, se describe detalladamente la condición actual de operación del alimentador de media tensión Dolorespata N° 08 en todo su recorrido (barra de 10.5kv, centro de carga y fin de línea).

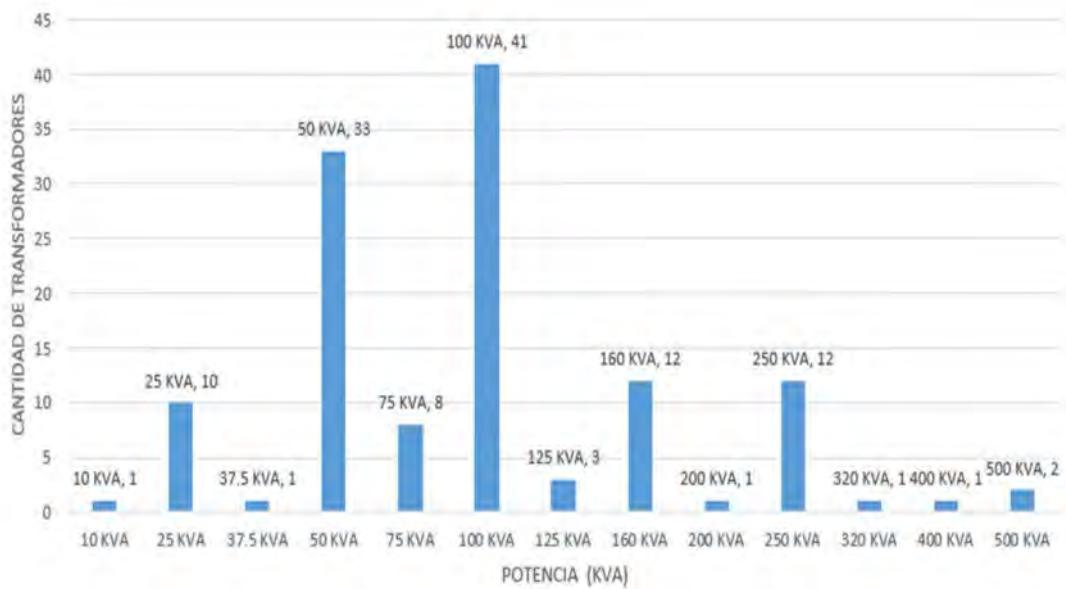
Esto con la finalidad de dar a conocer sus características más relevantes, como son: ubicación eléctrica, características de sus componentes en media tensión, elementos de regulación de tensión, Análisis de perfiles de tensión(medición). Evaluación de las condiciones operativas de este alimentador en todos estos escenarios para determinar los niveles de tensión de operación a lo largo de todo el alimentador, para un mejor análisis se realizará la simulación con el software Digsilent en lo que respecta la simulación de flujo de carga en régimen permanente, simulación de conexión y desconexión de bancos de compensación reactiva-capacitativa del sistema de regulación de tensión.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALIMENTADOR DOLORESPATA N°08.

El Alimentador Dolorespata N° 08 tiene como origen la subestación de transformación de Dolorespata teniendo un recorrido por los distritos de: Santiago, Wanchaq y San Sebastián de la ciudad del Cusco, suministrando de energía eléctrica con tensiones de 10.5KV/0.230 - 0.4 KV.

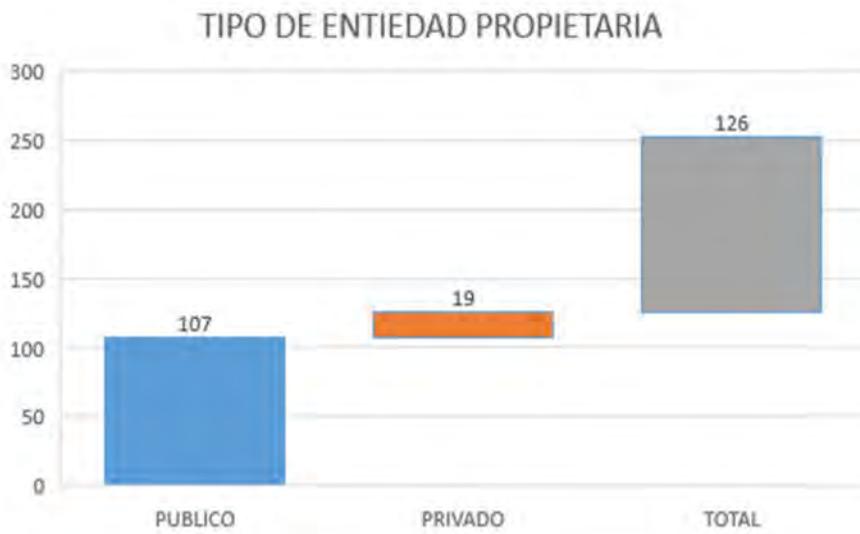
En la actualidad el AMT DOLORESPATA N°08, tiene una cantidad de 126 Subestaciones de distribución de las cuales el 85% son públicas y el 15% son privadas las cuales tienen una potencia que varía desde 10 Kva hasta 500 Kva.

Figura 3.1 Potencia de transformadores de distribución del AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.2 Cantidad de SED's del AMT DOLORESPATA N°08.

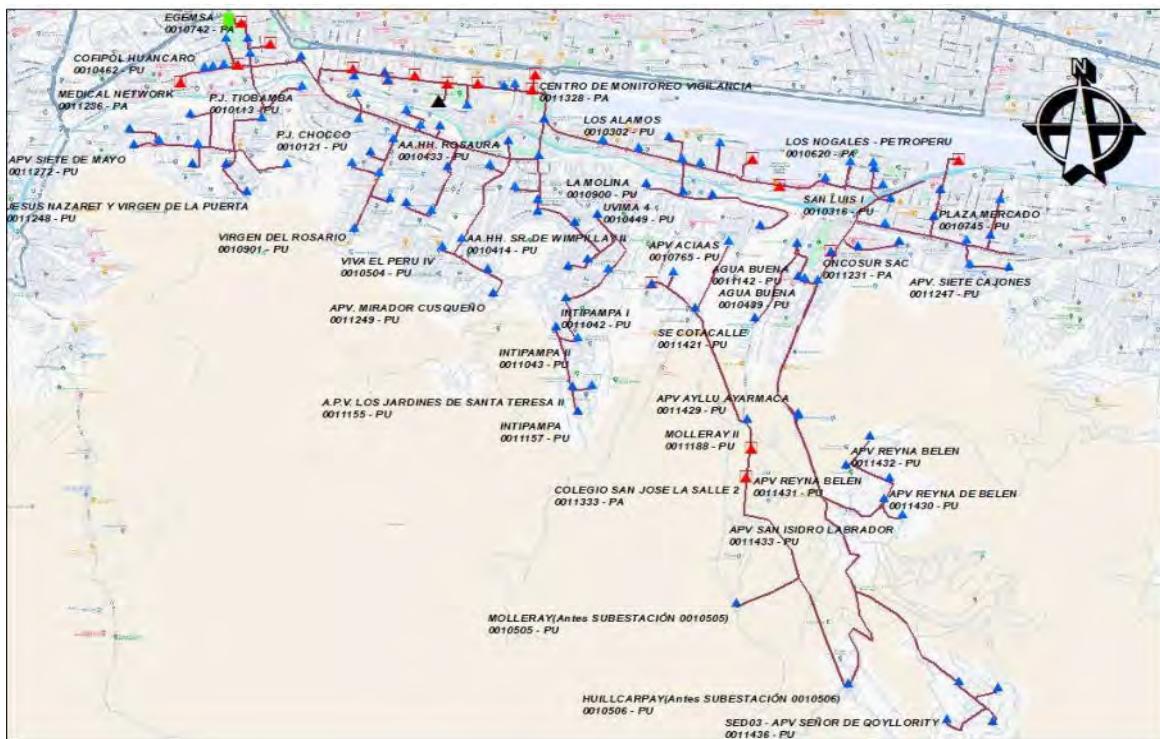


Nota: Elaboración propia.

3.3 TOPOLOGÍA DEL ALIMENTADOR DOLORESPATA N°08

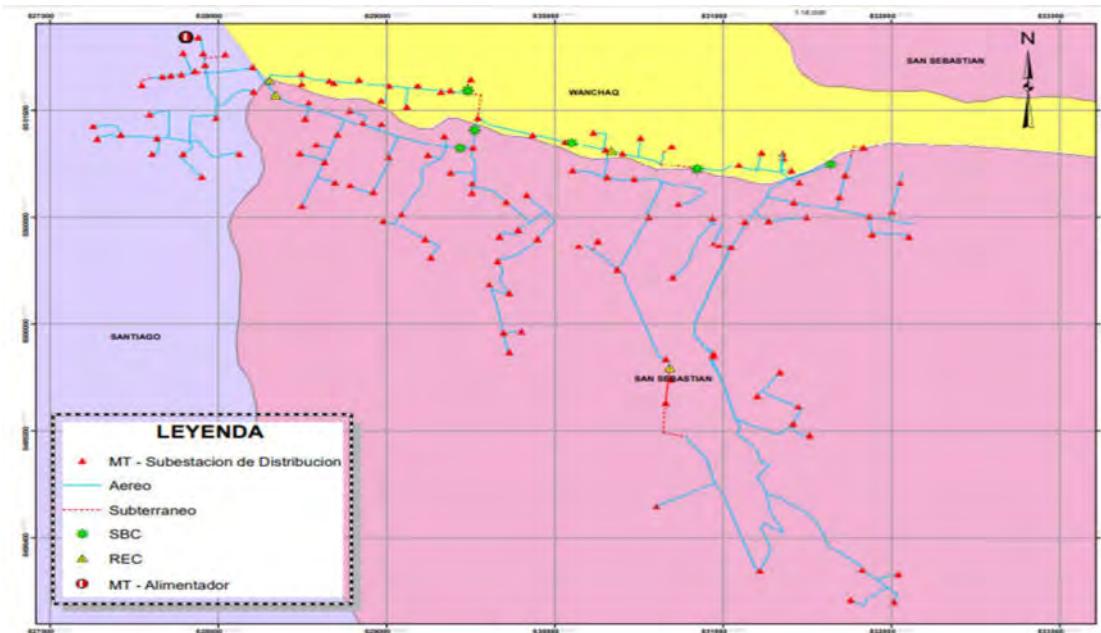
La topología del alimentador DOLORESPATA N°08 tiene como recorrido parte de 3 distritos de la ciudad del Cusco en donde se observa por el lado Sur con el distrito de San Sebastián, lado Norte con el distrito de Wanchaq y por el Oeste con el distrito de Santiago, con la información proporcionada por Electro Surte Este S.A.A. se ha podido identificar la ubicación de la subestación eléctrica de transformación, conductores de media tensión, equipos de protección y subestación de distribución.

Figura 3.3 Alimentador de MT DOLORESPATA N°08 /Vista urbana.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.4 Alimentador de MT DOLORESPATA N°08 /vista por distritos



Nota: Elaboración propia.

3.4 REGULACION DE TENSION DEL AMT DOLORESPATA N°08 EN LA ACTUALIDAD

Se revisó las curvas de tensión en la barra de 10.5kv de los últimos 04 años de la subestación Dolorespata y se identificó variaciones súbitas (picos y valles, Segundo el equipamiento de esta subestación, solo existen 02 variables que justifican este fenómeno: Demanda y compensación reactiva. Las figuras del 3.6 al 3.12 presentan simultáneamente los valores de tensión y demanda desde el año 2020 hasta la actualidad, donde puede identificar que estas variaciones no estarían relacionadas con las curvas de demanda típica, sino con la inyección de potencia reactiva por medio de los bancos de compensación capacitativa, Si bien se presenta solo un pulso por año, es necesario aclarar que esta condición está presente en la operación diaria.

Además, se identifica que existen caídas de tensión naturales en la cola del alimentador debido a la característica radial del alimentador DOLORESPATA N°08, cabe señalar que no existe

un sistema de regulación propio del alimentador DOLORESPATA N°08, dicho sistema de regulación de tensión debería estar instalado en el centro de carga de dicho alimentador para evitar dichas caídas de tensión en la cola del alimentador.

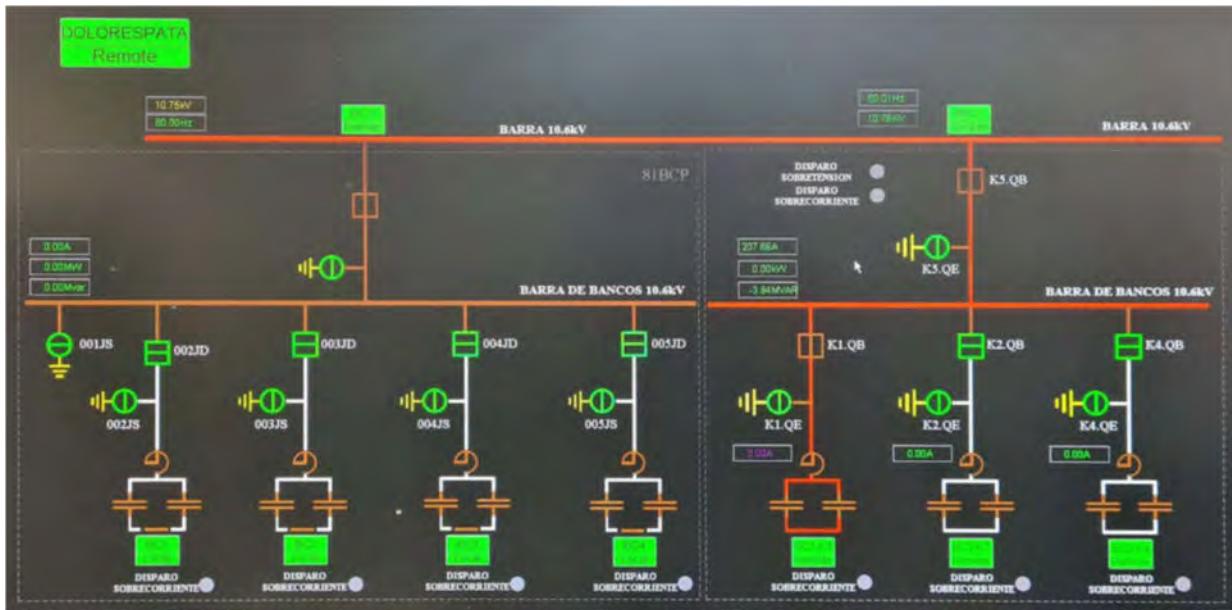
3.4.1 OPERACIÓN ACTUAL DE COMPENSACION REACTIVA EN LA BARRA DE 10.5KV

La operación de los bancos se realiza de forma manual, desde el Centro de Control de EGEMSA, a través del SCADA. Dicha operación está a cargo por el profesional de turno del Centro de Control, quien realiza la supervisión, operación y control del Sistema Eléctrico, en este caso del Sistema Eléctrico de EGEMSA.

- a) CONEXIÓN. - La conexión de los bancos capacitivos se realiza de manera manual y cuando existe una alta demanda de energía en el alimentador de media tensión. Estos bancos se conectan progresivamente según las necesidades del sistema eléctrico, con el objetivo de suministrar energía reactiva y mitigar las caídas de tensión.
Sin embargo, la compensación de energía reactiva resulta deficiente debido a que la operación manual está sujeta a errores humanos, como consecuencia, en muchos casos, la tensión transgrede los límites establecidos por la NTCSE
- b) DESCONEXION. - La desconexión de los bancos capacitivos se realiza de manera manual y cuando disminuye la demanda de energía en el alimentador de media tensión, ya que en ese momento el sistema no requiere compensación reactiva. Sin embargo, no desconectar oportunamente estos equipos puede provocar incrementos súbitos de tensión en el sistema eléctrico.

Como se explicó anteriormente, una operación manual está sujeta a errores humanos, lo que puede ocasionar transgresiones en los niveles de tensión establecidos por la NTCSE.

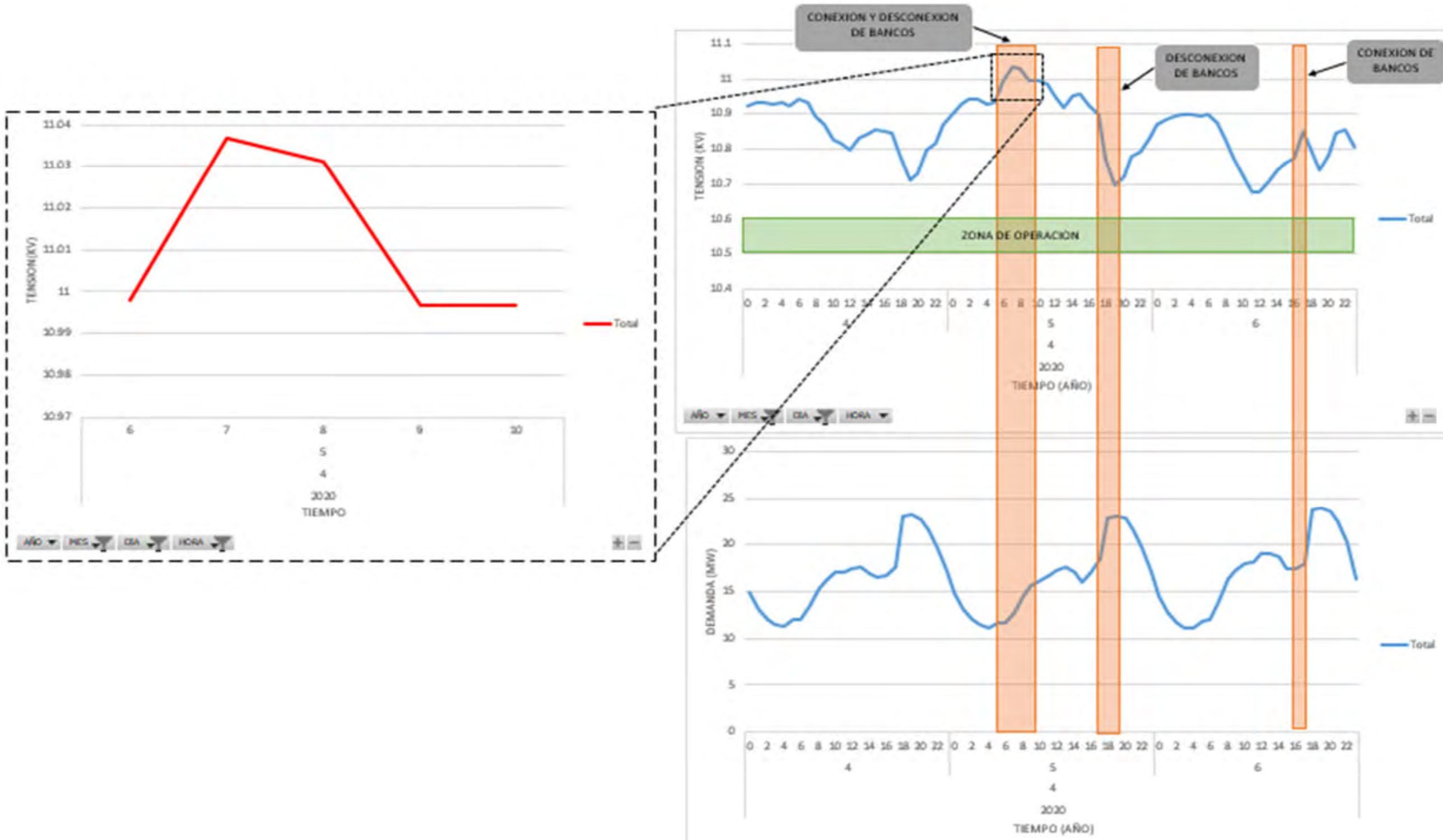
Figura 3.5 Diagrama unifilar a los 02 grupos de bancos. / MicroSCADA ABB.



Nota: EGEMSA.

A continuación, se muestra el perfil de tensiones de la barra de 10.5kv desde el año 2020 hasta la actualidad, tomando una muestra representativa de cada año que evidencia la existencia de tensiones que transgreden la NTCSE, poniendo en manifiesto que el sistema actual de regulación de tensión operados a través de los bancos capacitivos es ineficiente.

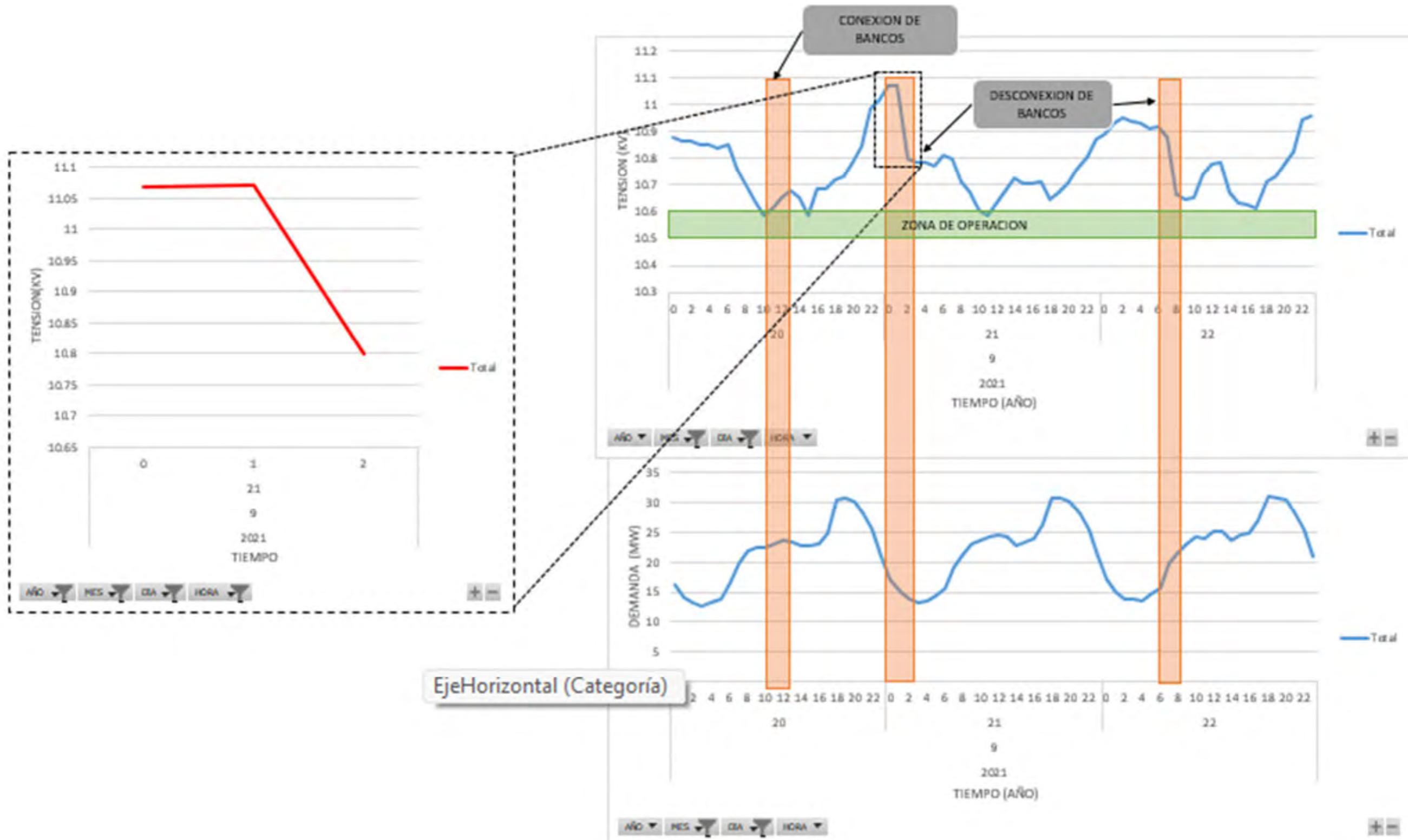
Figura 3.6 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2020



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.6 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 03 hora desde las 06:30 hasta 09:00 horas del día 05 de abril del año 2020.

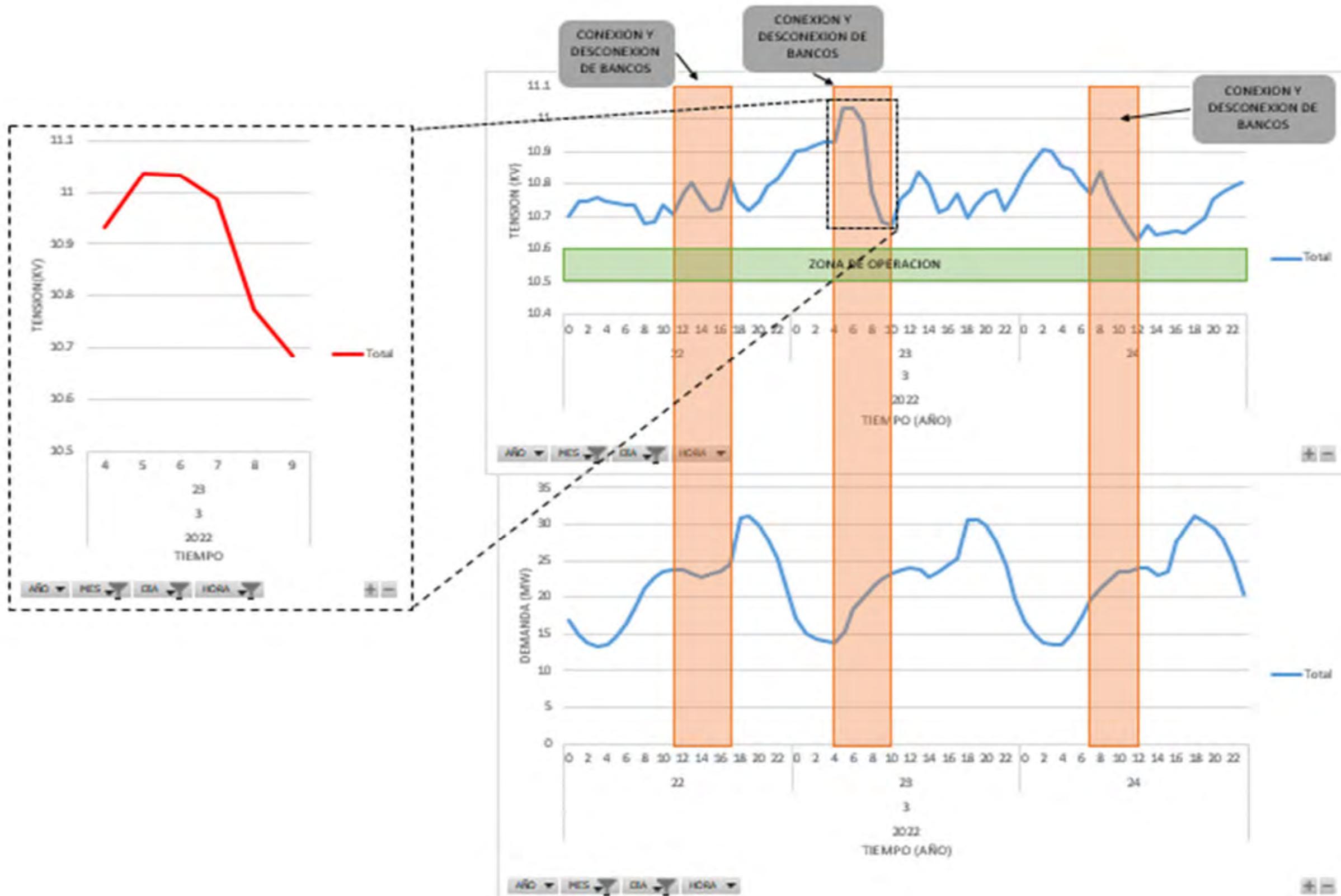
Figura 3.7 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2021



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.7 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 01 hora desde las 00:00 hasta 01:00 horas del día 21 de setiembre del año 2021.

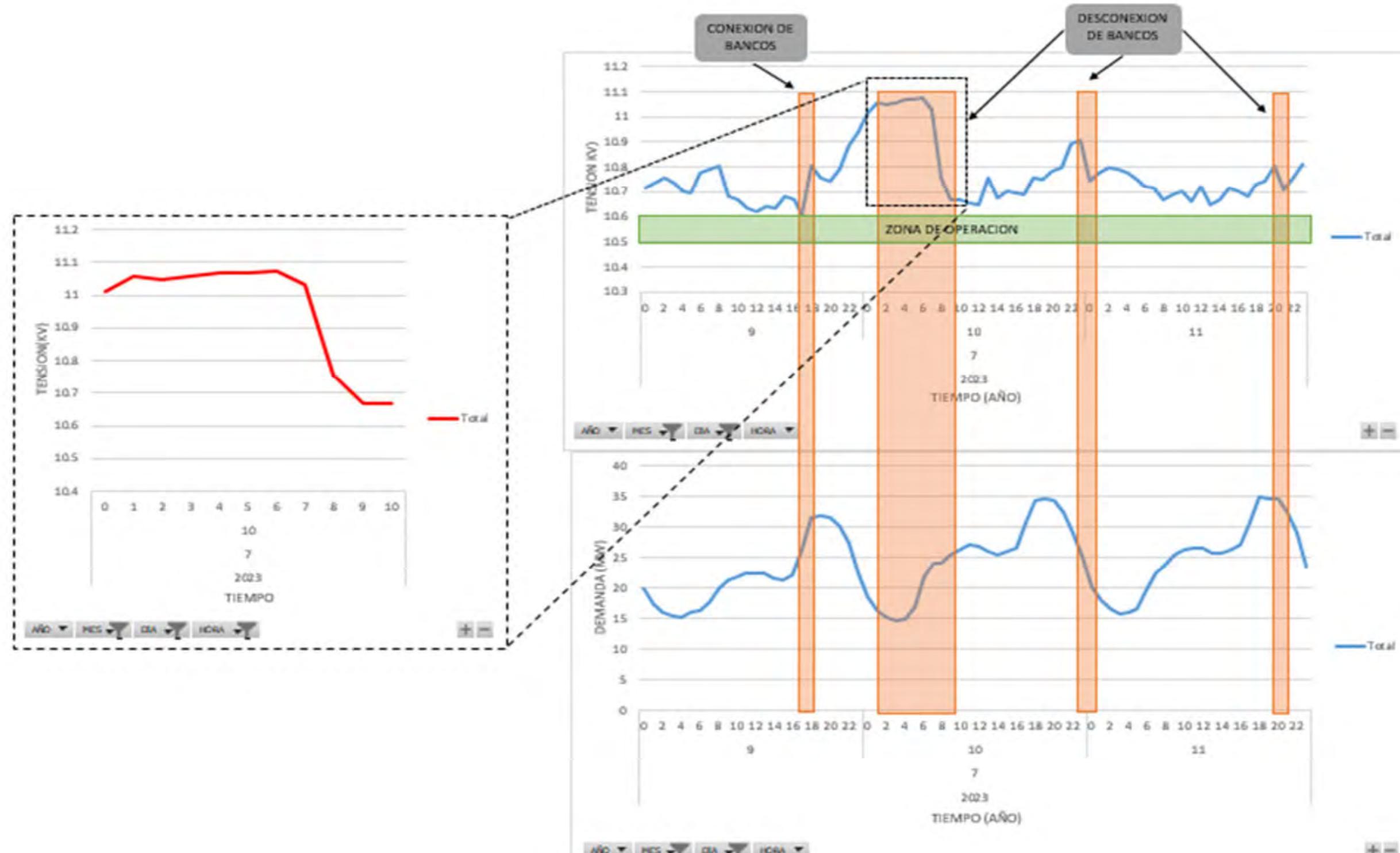
Figura 3.8 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2022



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.8 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 2 horas y media desde las 04:45 horas hasta 07:15 horas del día 23 de marzo del año 2022.

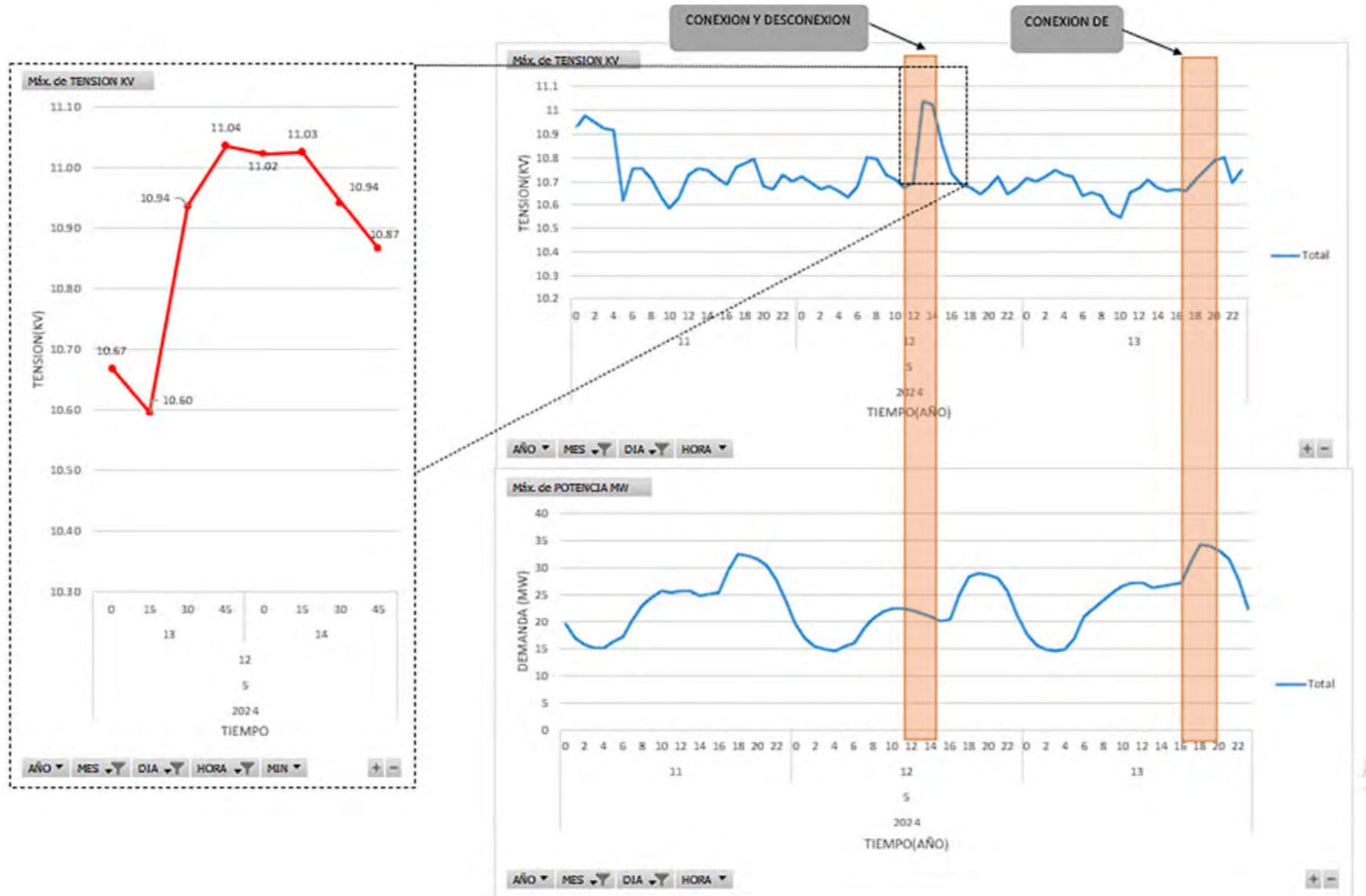
Figura 3.9 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2023



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.9 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 7 horas desde las 00:00 horas hasta 07:00 horas del día 10 de Julio del año 2023.

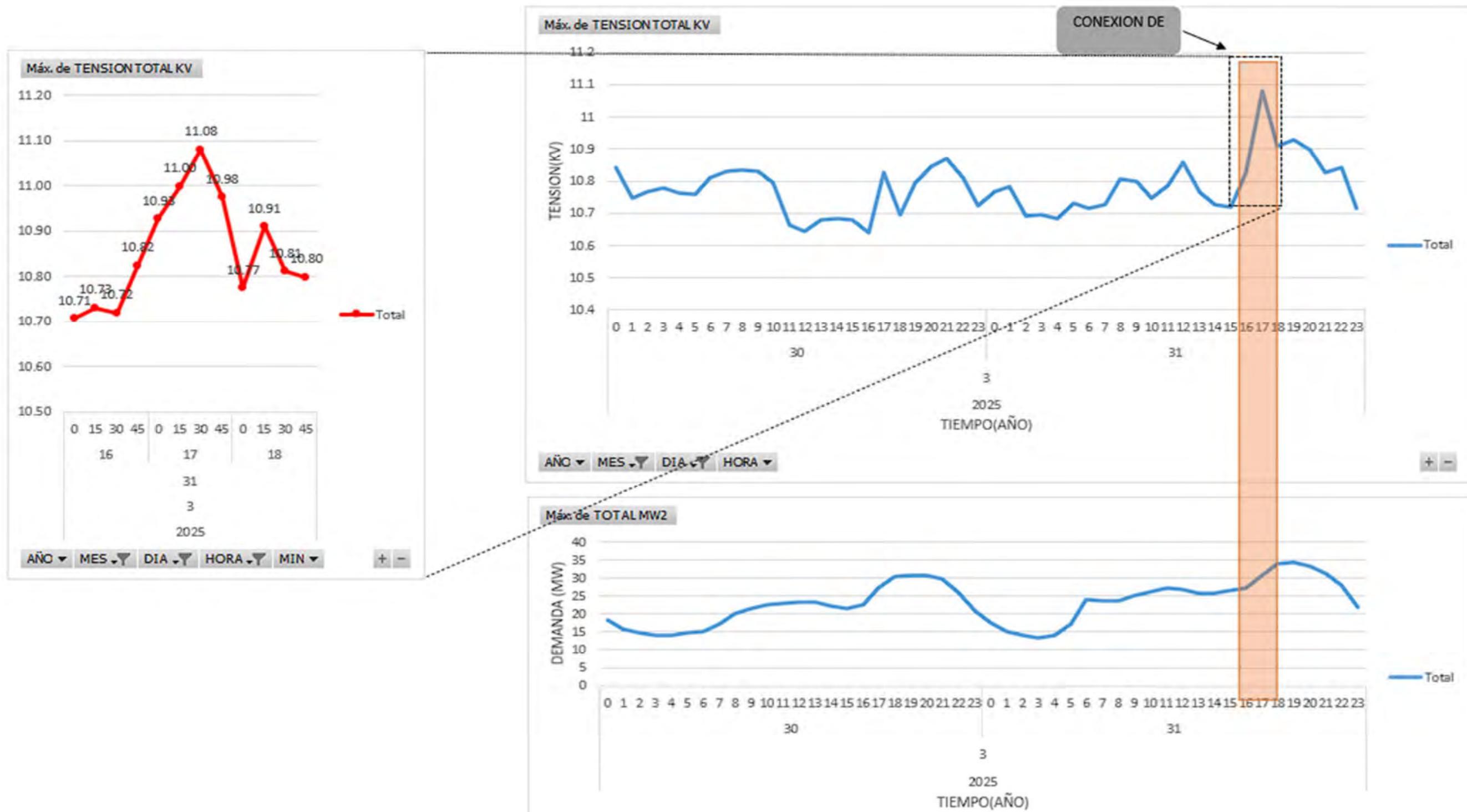
Figura 3.10 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2024



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.10 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 45 minutos desde las 13:30 horas hasta 14:15 horas del día 12 de Mayo del año 2024.

Figura 3.11 Conexión y desconexión de bancos de compensación AMT DOLORESPATA N°08 año 2025.



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.11 muestra sobretensiones sostenidas mayores a 11.025 kv que llegan a durar hasta por un periodo de 15 minutos desde las 17:20 horas hasta 17:35 horas del día 31 de Marzo del año 2025.

Figura 3.12 Máxima tensión en K.V. del AMT DOLORESPATA N°08 en barra 10.5kv años (2020,2021,2022 y 2023,2024, 2025).



Nota: Elaboración propia.

3.5 CONSECUENCIAS DEL SISTEMA DE REGULACION DE TENSION ACTUAL

Se ha efectuado la revisión detallada de las curvas de tensión en la barra de 10.5kv de la S.E. Dolorespata desde enero del año 2020 hasta Agosto del 2025; encontrándose desviaciones de tensión que transgreden las tolerancias establecidas por la NTCSE debido a una deficiente operación en la conexión y desconexión de los bancos de compensación reactiva-capacitiva tal y como muestra la figura 3.12.

A este fenómeno se suma que no existe una regulación de tensión en centro de carga propia del alimentador en mención que mitigue las caídas de tensión naturales en el extremo del alimentador.

Tal problemática en la medida de que no se tome las acciones correspondientes no solo continuara, sino que se agudizara debido al crecimiento de carga futura.

A continuación, se presentan las tensiones que transgreden la NTCSE desde el año 2021 hasta la actualidad. Estas mediciones registran las tensiones cada 15 minutos durante las 24 horas.

Tabla 3.1 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2020.

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2020-Mar-18	03:00:00.000	03:15:00.000	11.026	15	MAYOR A 5%
2020-Mar-18	06:00:00.000	07:00:00.000	11.028	60	MAYOR A 5%
2020-Mar-19	02:30:00.000	03:30:00.000	11.031	60	MAYOR A 5%
2020-Mar-20	02:15:00.000	07:15:00.000	11.046	300	MAYOR A 5%
2020-Mar-22	02:00:00.000	07:15:00.000	11.043	315	MAYOR A 5%
2020-Abr-05	07:00:00.000	08:00:00.000	11.035	60	MAYOR A 5%
2020-Ago-02	06:30:00.000	07:15:00.000	11.027	45	MAYOR A 5%
2020-Set-07	01:30:00.000	03:15:00.000	11.035	90	MAYOR A 5%
2020-Nov-17	06:00:00.000	06:30:00.000	11.035	30	MAYOR A 5%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3.2 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2021.

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2021-Ene-24	01:45:00.000	04:00:00.000	11.026	135	MAYOR A 5%
2021-Ene-24	05:15:00.000	07:15:00.000	11.053	120	MAYOR A 5%
2021-May-16	07:00:00.000	07:15:00.000	11.034	15	MAYOR A 5%
2021-Jun-26	01:45:00.000	02:30:00.000	11.027	45	MAYOR A 5%
2021-Jul-04	06:45:00.000	07:00:00.000	11.026	15	MAYOR A 5%
2021-Jul-18	01:30:00.000	01:45:00.000	11.027	15	MAYOR A 5%
2021-Jul-18	04:30:00.000	05:15:00.000	11.029	45	MAYOR A 5%
2021-Set-05	08:45:00.000	09:30:00.000	11.042	30	MAYOR A 5%
2021-Set-05	11:00:00.000	11:45:00.000	11.029	45	MAYOR A 5%
2021-Set-12	06:30:00.000	07:30:00.000	11.030	60	MAYOR A 5%
2021-Set-19	05:45:00.000	06:15:00.000	11.030	30	MAYOR A 5%
2021-Set-20	22:30:00.000	23:45:00.000	11.048	75	MAYOR A 5%
2021-Set-21	23:45:00.000	01:45:00.000	11.049	120	MAYOR A 5%
2021-Set-26	05:45:00.000	06:00:00.000	11.036	15	MAYOR A 5%
2021-Set-26	06:45:00.000	07:30:00.000	11.043	45	MAYOR A 5%
2021-Set-26	22:45:00.000	23:30:00.000	11.027	45	MAYOR A 5%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3.3 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2022

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2022-Mar-23	05:00:00.000	07:00:00.000	11.058	120	MAYOR A 5%
2022-Jul-03	06:15:00.000	06:45:00.000	11.030	30	MAYOR A 5%
2022-Jul-31	16:30:00.000	17:15:00.000	11.045	45	MAYOR A 5%
2022-Oct-04	23:00:00.000	23:45:00.000	11.040	45	MAYOR A 5%
2022-Nov-01	06:15:00.000	07:00:00.000	11.058	45	MAYOR A 5%
2022-Dic-04	04:30:00.000	06:15:00.000	11.0253	105	MAYOR A 5%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3.4 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2023

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2023-Feb-05	01:45:00.000	02:00:00.000	11.043	15	MAYOR A 5%
2023-Mar-12	07:00:00.000	07:15:00.000	11.032	15	MAYOR A 5%
2023-Julio-10	00:15:00.000	07:15:00.000	11.04	405	MAYOR A 5%
2023-Oct-08	04:15:00.000	04:30:00.000	11.039	15	MAYOR A 5%
2023-Oct-08	23:15:00.000	23:45:00.000	11.058	15	MAYOR A 5%
2023-Oct-09	23:45:00.000	00:15:00.000	11.052	30	MAYOR A 5%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3.5 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2024

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2024-Mar-31	22:15:00.000	22:45:00.000	11.048	30	MAYOR A 5%
2024-Abril-29	17:45:00.000	18:45:00.000	11.056	45	MAYOR A 5%
2024-May-12	13:30:00.000	14:15:00.000	11.063	45	MAYOR A 5%
2024-Jul-20	12:45:00.000	14:15:00.000	11.051	90	MAYOR A 5%
2024-Oct-20	04:45:00.000	05:00:00.000	11.027	15	MAYOR A 5%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 3.6 Registro de tensiones que transgreden la NTCSE durante el año 2025

FECHAS	INICIO DE TRANSGRESION	FIN DE TRANSGRESION	TENSION PROMEDIO	DURACION/MIN	CONDICION DE TRANSGRESION
2025-Mar-31	17:15:00.000	17:30:00.000	11.028	15	MAYOR A +5%
2025-Abr-27	07:00:00.000	07:15:00.000	11.027	15	MAYOR A +5%
2025-Jun-20	16:45:00.000	17:00:00.000	9.720	15	MAYOR A -5%
2025-Jul-05	14:15:00.000	14:30:00.000	9.961	15	MAYOR A -5%
2025-Jul-11	06:30:00.379	06:45:00.379	9.971	15	MAYOR A -5%
2025-Agost-31	13:15:00.238	14:00:00.069	9.9413	45	MAYOR A -5%

Nota: Elaboración Propia

3.6 INDICADORES.

En esta tesis, al tratarse de un estudio cuantitativo, se emplean indicadores de frecuencia y duración para cuantificar la ocurrencia de eventos de tensiones que transgreden la NTCSE.

Según lo establecido por la NTCSE, las mediciones de los parámetros de calidad de producto se deben promediar y registrar cada 15 minutos, Por lo que todas las empresas distribuidoras incluido electro sur este S.A. cuentan con tales registros. Para el presente trabajo se utilizará dichos registros para calcular los indicadores de frecuencia y duración.

FRECUENCIA: Número de veces que la tensión se encuentra fuera de los parámetros establecido por la NTCSE (+-5%) a lo largo de un Año(N)

$$F = LF/Año$$

F= Frecuencia

LF= Número de veces que la tensión se encuentra transgrediendo la NTCSE.

DURACIÓN: Representa el número de horas por año; en el que la tensión estuvo en una condición que transgresión de la NTCSE.

$$D = LD/\text{Horaas}$$

D=Duración

LD= tiempo en que la tensión se encuentra transgrediendo la NTCSE

A continuación, La tabla 3.6 muestra los indicadores de las ocurrencias de tensiones que vulneran la NTCSE desde el año 2020 hasta el año 2025, donde la duración es la suma de todos los instantes de tiempo por año en que la tensión se encuentra fuera de los límites permisibles de la NTCSE., y la frecuencia es el número de veces en que se producen por año.

Tabla 3.7 Indicadores desde el año 2020 al 2025.

AÑO	FRECUENCIA(VECES/AÑO)	DURACION(HORAS/AÑO)
2020	9	16.75
2021	16	14.25
2022	6	6.5
2023	6	8.25
2024	5	3.75
2025	5	2

Nota: Elaboración Propia

Por lo tanto, se identifica que, a partir de estos indicadores, el sistema de regulación de tensión actual presenta una pésima capacidad de regulación debido a que el sistema no posee una amplitud de regulación (ancho de banda) ni posea una adecuada velocidad de respuesta debido a

que el tiempo de reacción del sistema no permite corregir las variaciones de tensión antes de que estas sobrepasen los límites establecidos por la NTCSE.

3.7 SIMULACION DE LA REGULACION MANUAL DE TENSION EN LA BARRA DE 10.5 KV DE LA S.E. DOLORESPATA

Para modelar las variaciones de tensión que transgreden la NTCSE presentadas en las curvas presentadas anteriormente, se simulo eventos de conexión y desconexión de los bancos de compensación de acuerdo con la operación diaria (regulación manual) de EGEMSA en el software Power Factory-Digsilent.

Además, dicha evaluación se simulará 02 escenarios de operación para un mejor análisis de los parámetros de la red lo cual nos permitirá ver a detalle las condiciones de operación a lo largo del tiempo, para lo cual se escoge 02 días del año 2023 como muestra representativa en que la demanda de energía eléctrica registró condiciones sobretensión y subtensión en la barra de 10.5kv respectivamente:

-Escenario con mayores tensiones pico registradas el día 10 de julio del año 2023

-Escenario con mayores tensiones valle registradas el día 01 de mayo del año 2023

Así mismo para la simulación del sistema de regulación se ingresa al software las características de los 07 bancos de compensación reactiva:

-04 bancos de 2.5 MVAR

-03 bancos de 3.75 MVAR

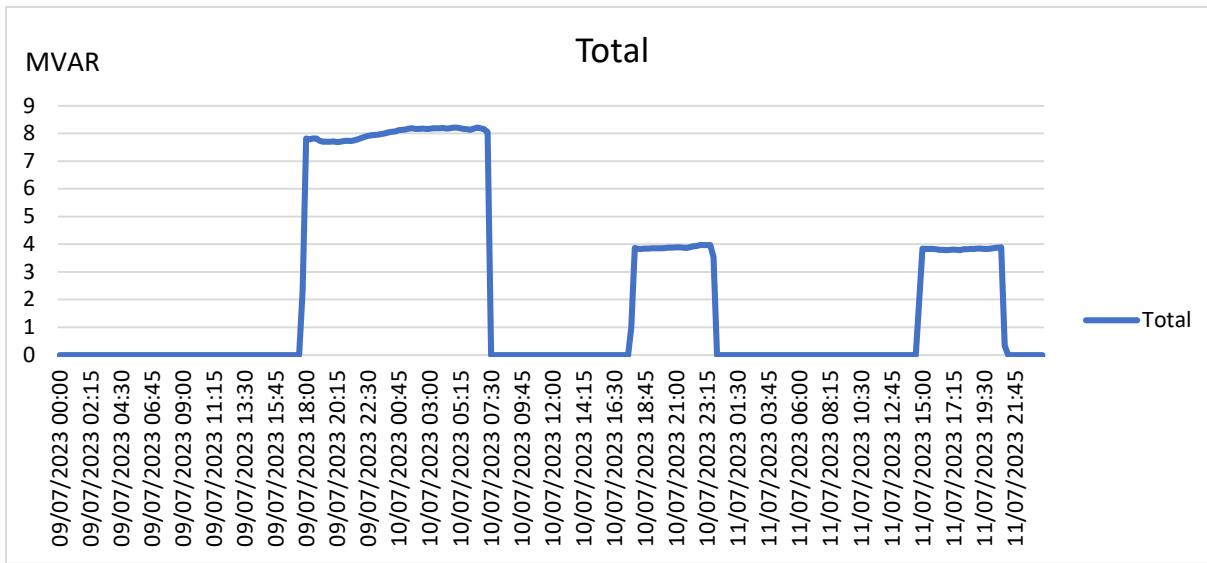
Además, se considera los perfiles de potencia reactiva inyectada durante los días en que se registraron las mayores tensiones picos y valles que operan actualmente en la S.E. Dolorespata, los cuales son:

-Perfil de potencia reactiva del día 10 de julio del 2023.

-Perfil de potencia reactiva del día 01 de mayo del 2023.

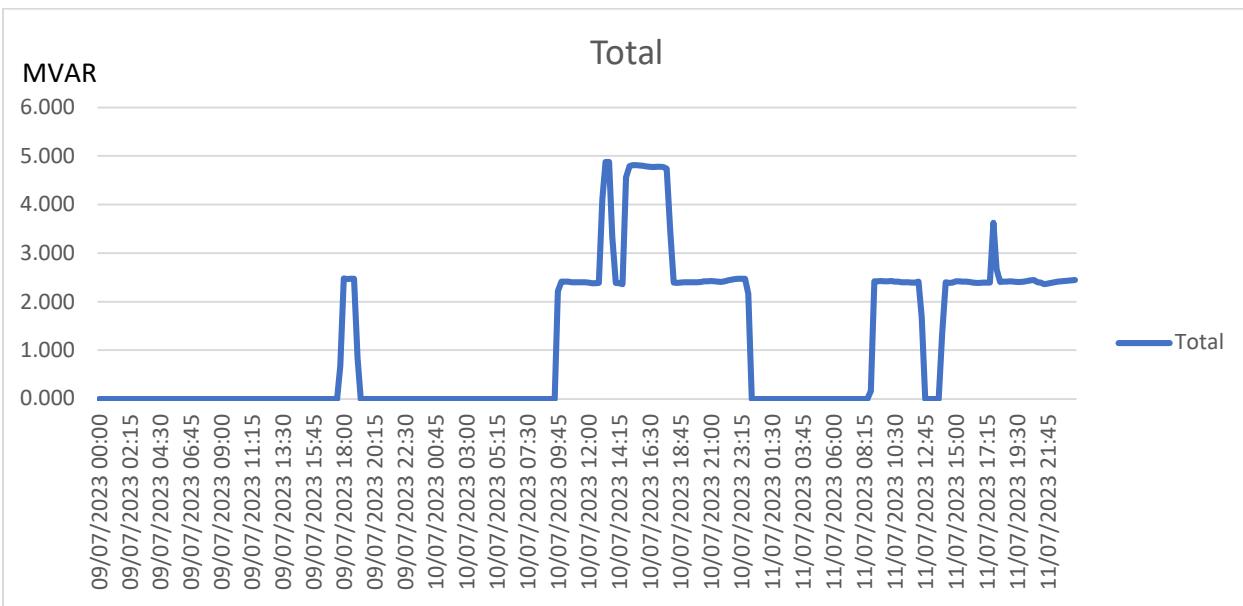
Las figuras del 3.13 al 3.14 muestran el perfil de potencia reactiva inyectada en la barra de 10.5kv de los bancos 3X3.75 Mvar y 4x2.5 Mvar el día 10 de julio del 2023.

Figura 3.13 Esquema de operación de bancos 3x3.75 MVAR del 10 de julio del año 2023.



Nota: EGEMSA.

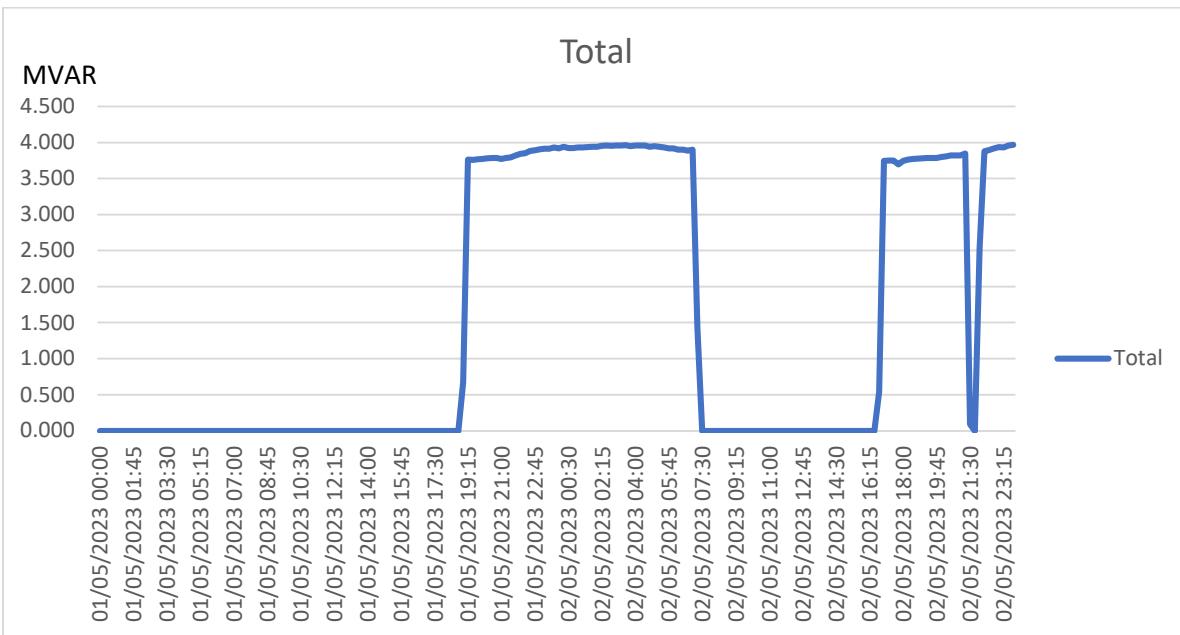
Figura 3.14 Esquema de operación de banco 4x2.5 MVAR del 10 de julio del año 2023.



Nota: EGEMSA.

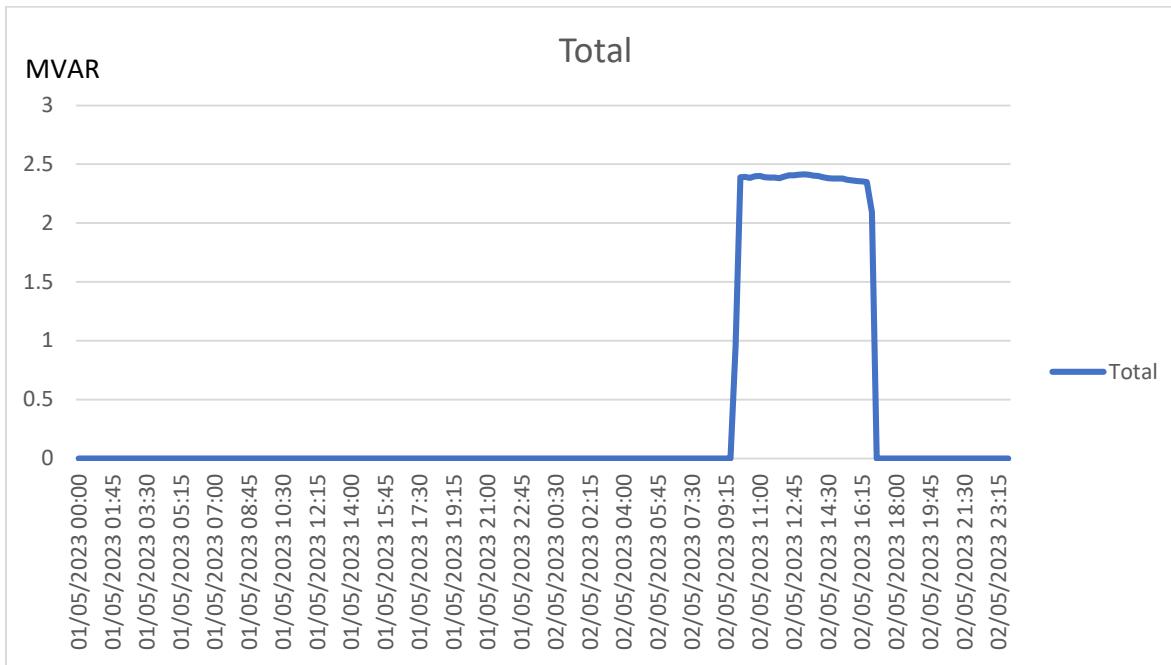
Las figuras del 3.15 al 3.16 muestran el perfil de potencia reactiva inyectada en la barra de 10.5kv de los bancos 3X3.75 Mvar y 4x2.5 Mvar el día 01 de mayo 2023.

Figura 3.15 Esquema de operación de banco 3x3.75Mvar del 01 de mayo 2023



Nota: EGEMSA.

Figura 3.16 Esquema de operación de banco 4x2.5Mvar del 01 de mayo 2023.

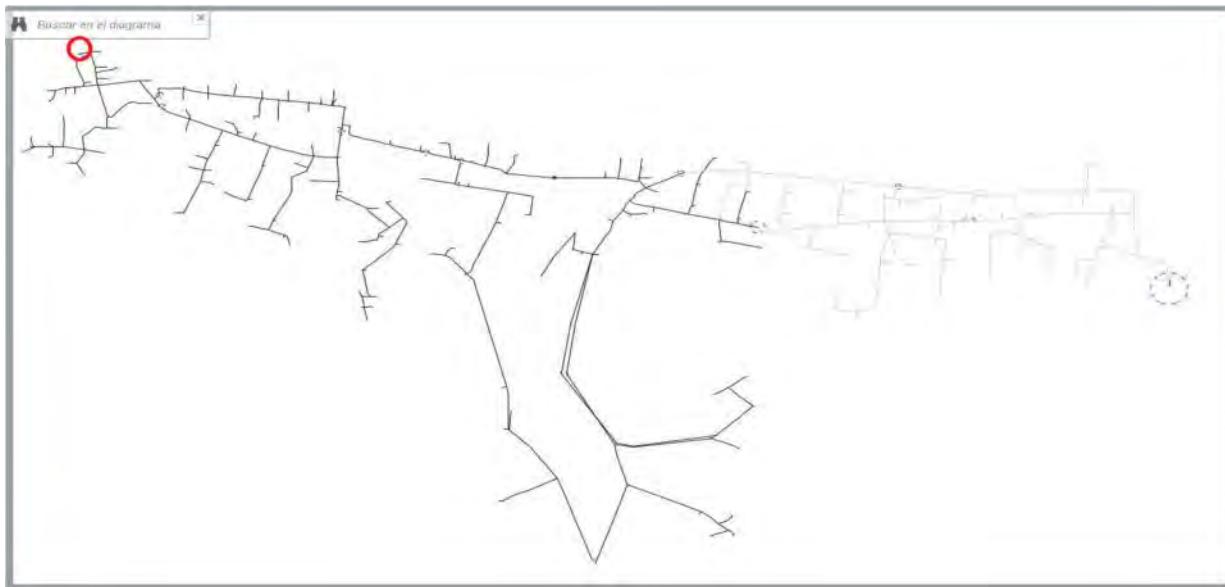


Nota: EGEMSA.

Así mismo se dibuja e ingresa las características de todos los componentes del alimentador D0-08(subestaciones de distribución, líneas de MT, nodos de MT, Etc) para el análisis del comportamiento de la tensión en dicho alimentador con la regulación de tensión actual.

Se ingresa la cargabilidad de todas las cargas conectadas a la barra de 10.5kv y se simula el comportamiento de la tensión a lo largo de las 24 horas del día con la demanda real de energía actual.

Figura 3.17 Dibujo del Alimentador D0-08 en el software Digsilent.



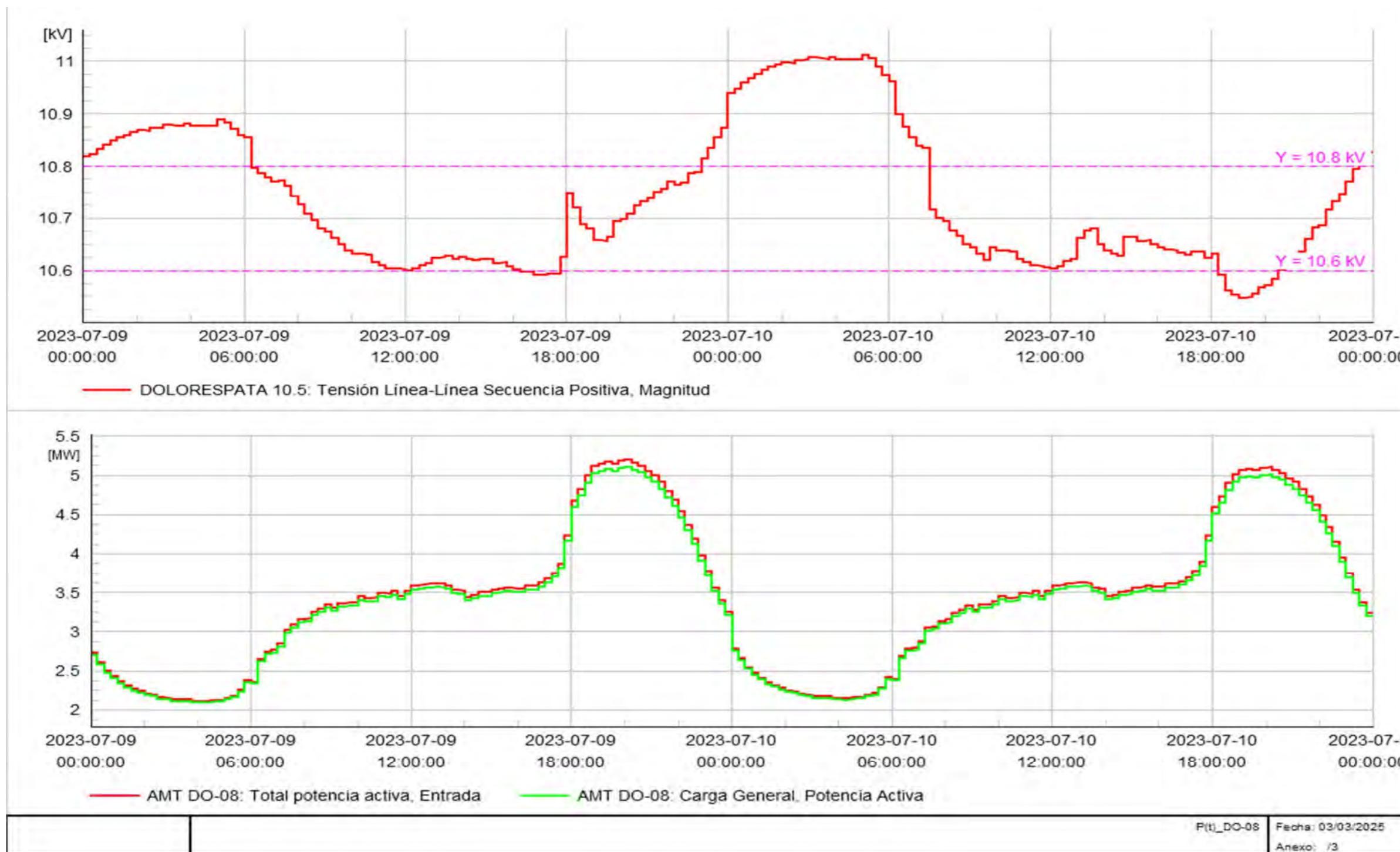
Nota: Elaboración propia.

Después de ingresadas todos los componentes eléctricos implicados al software Digsilent se realiza la simulación a lo largo de las 24 horas.

La figura 3.18 muestra los resultados de la simulación correspondiente al 10 de julio de 2023, en la que se observa un perfil de tensiones superiores a 11.025 kV en la barra de 10.5 kV. Dicho perfil presenta una alta similitud con las curvas reales registradas. La figura 3.19 muestra el efecto de esta condición sobre el alimentador DOLORESPATA N°08.

Así mismo la figura 3.20 muestra los resultados de la simulación del día 01 de mayo de 2023, mostrando un perfil de tensiones que llegan hasta de 10.35kv en la barra de 10.5kv, la figura 3.21 muestra el efecto de tal condición sobre el alimentador DOLORESPATA N°08.

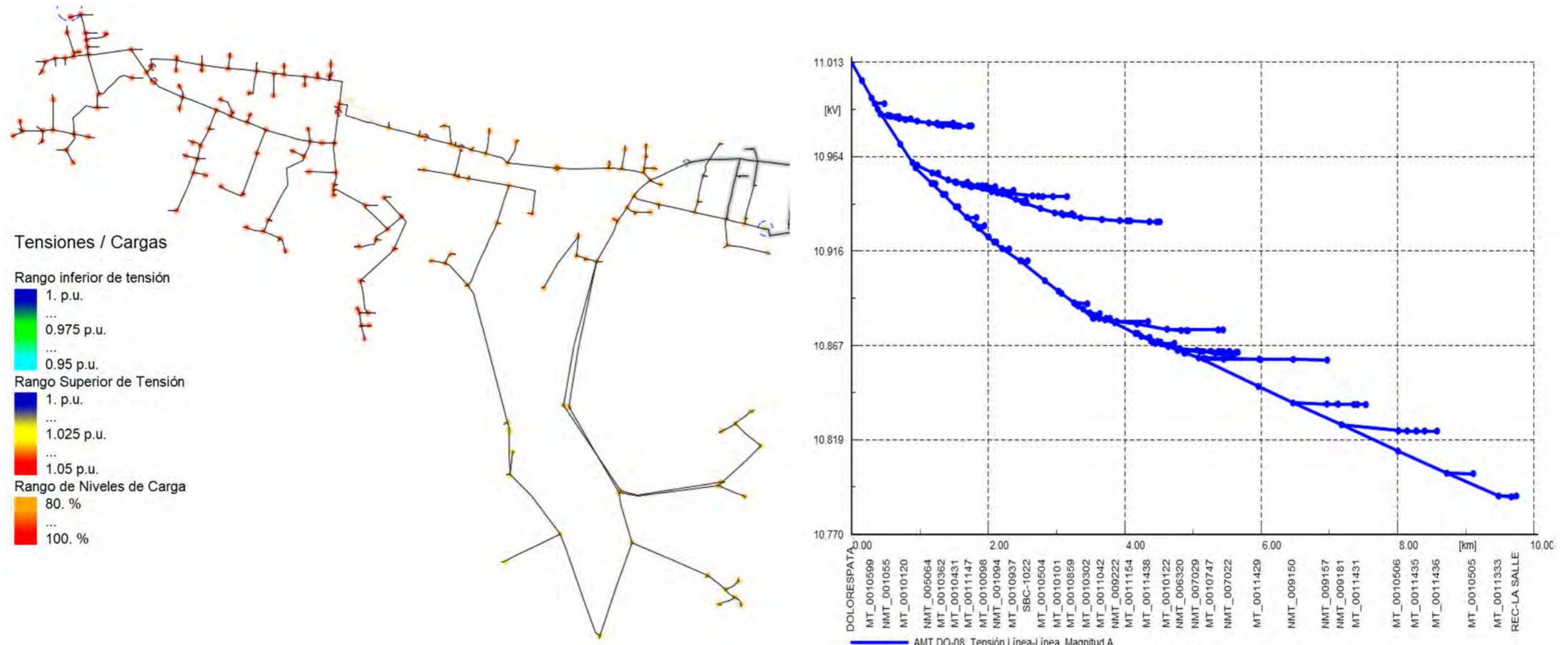
Figura 3.18 Simulación en un escenario con tensiones pico en la barra de 10.5kv



Nota: Elaboración propia.

La figura 3.18 presenta dos gráficas que ilustran el comportamiento de la tensión(kv) y demanda (Mw) a lo largo de 24 horas en la barra de 10.5 kV., la primera gráfica (superior) muestra la variación de la tensión vs. tiempo, mientras que la segunda (inferior) representa la demanda vs. del tiempo. Se observa que, a medida que disminuye la demanda, la tensión tiende a incrementarse, llegando a alcanzar niveles elevados de sobretensión mayores a 11.025kv.

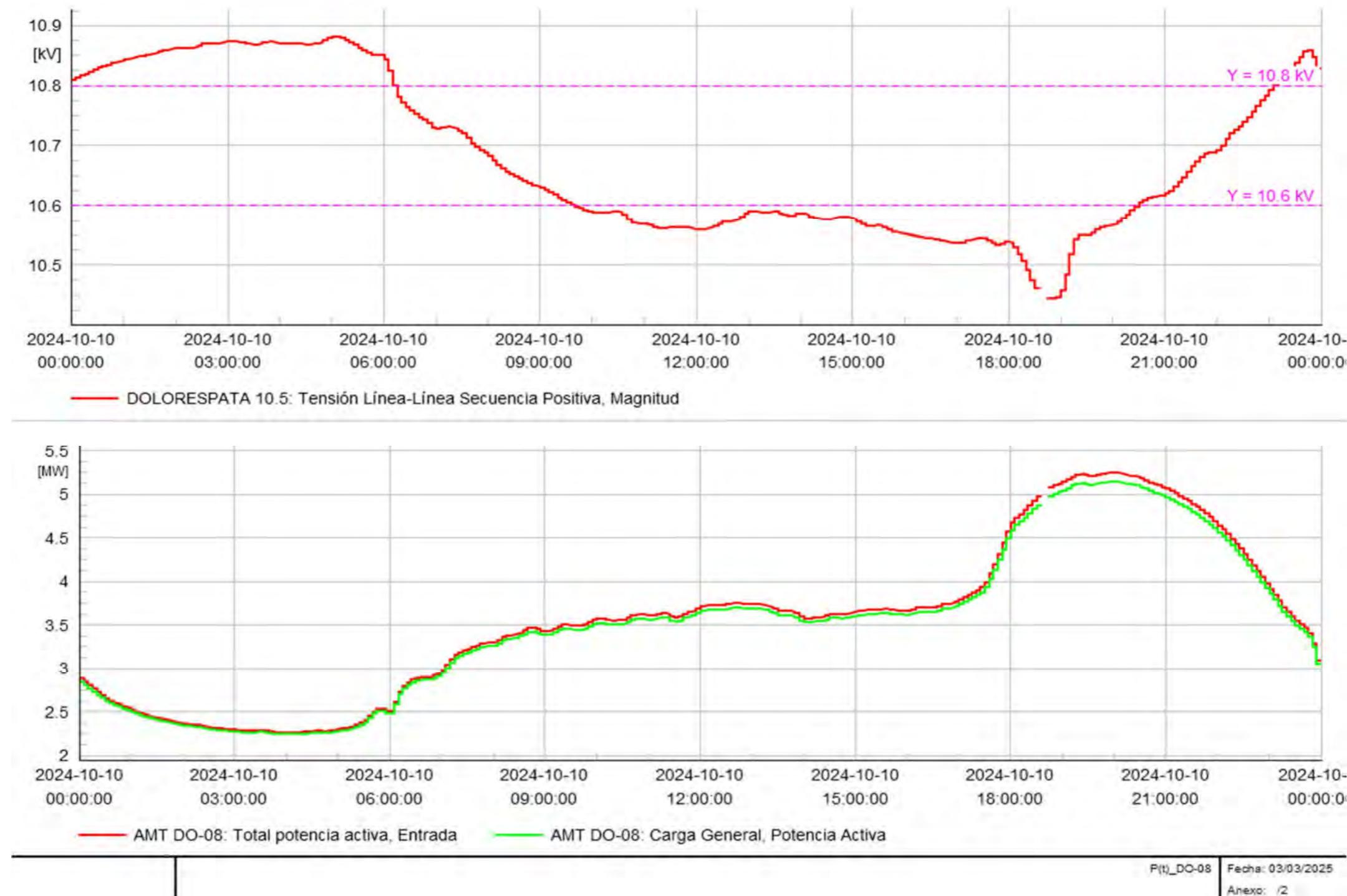
Figura 3.19 Diagrama de calor de tensión en escenario de máximos niveles de tensión en el AMT DOLORESPATA N°08



Nota: Elaboración propia

La figura 3.19 muestra los efectos de las sobretensiones de la barra de 10.5 kV sobre el alimentador DOLORESPATA N°08. Se observa que dichas sobretensiones se propagan a lo largo de todo el alimentador, siendo más críticas en el tramo inicial, desde la barra(cabecera) hasta el centro de carga. Aunque la tensión disminuye progresivamente a medida que se avanza por el alimentador, los niveles siguen siendo elevados en la mayor parte de su longitud. Para fines visuales, los colores rojo, naranja y amarillo de los nodos indican el nivel de carga, donde el rojo representa condiciones críticas, el naranja niveles cercanos al límite superior y el amarillo niveles cercanos a valores aceptables de tensión.

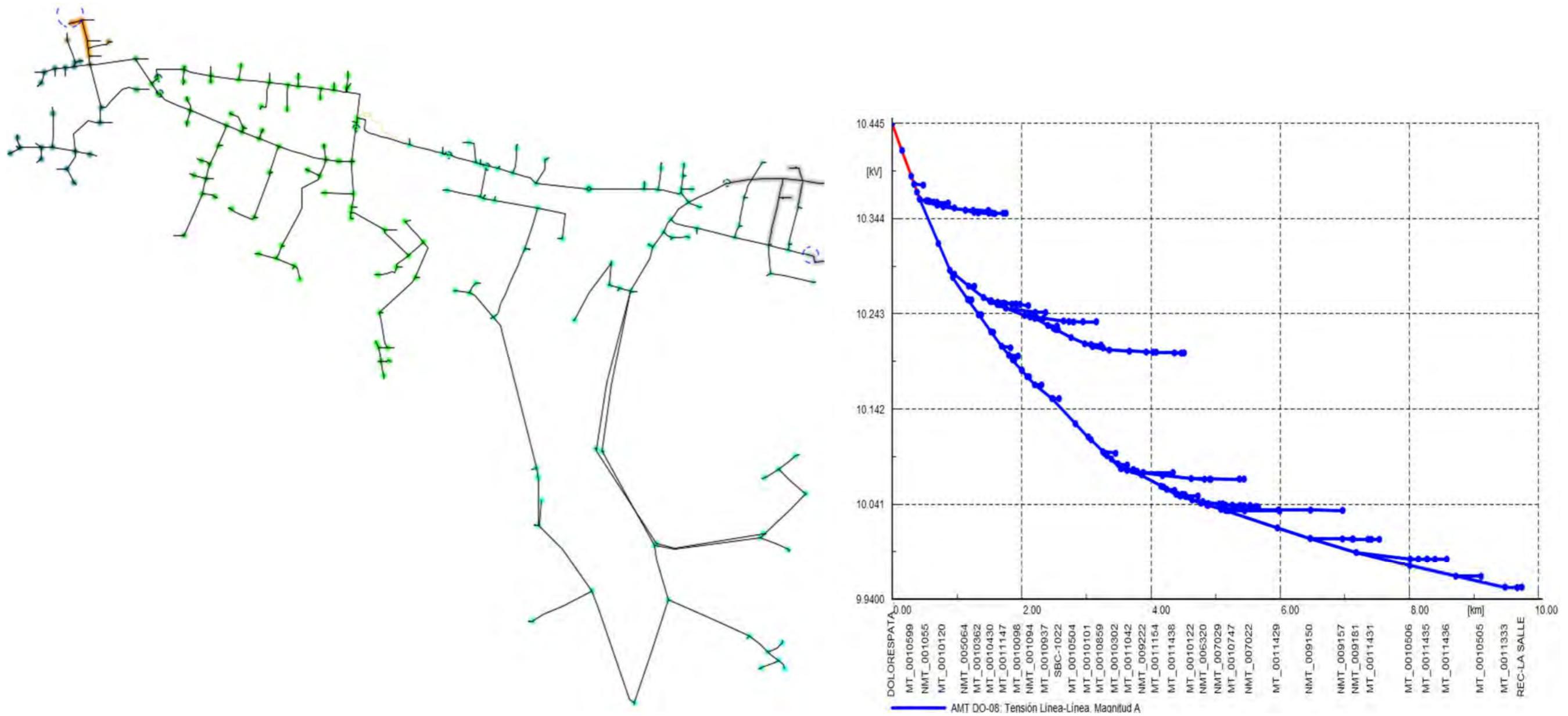
Figura 3.20 Simulación en un escenario con tensiones valle en la barra de 10.5kv.



Nota: Elaboración propia

La figura 3.20 presenta dos gráficas que ilustran el comportamiento de la tensión(kv) y demanda(Mw) a lo largo de 24 horas en la barra de 10.5 kV., la primera gráfica (superior) muestra la variación de la tensión vs tiempo, mientras que la segunda (inferior) representa la demanda vs del tiempo. Se observa que, a medida que se incrementa la demanda, la tensión tiende a disminuir, llegando a alcanzar niveles muy bajos de tensión de hasta 10.35kv

Figura 3.21 Diagrama de calor de tensión en escenario de mínimos niveles de tensión en el AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración propia

La figura 3.21 muestra los efectos de las bajas tensiones en la barra de 10.5 kV sobre el alimentador DOLORESPATA N°08. Se observa que dichas tensiones, que alcanzan valores tan bajos como 10.3 kV, se propagan a lo largo de todo el alimentador. Las caídas de tensión se acentúan progresivamente, siendo el tramo final el más afectado, donde la tensión llega a caer hasta un valor de 9.65 kV en la cola del alimentador. Este valor transgrede el límite inferior de tensión establecido por la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos (NTCSE), lo que indica una condición crítica. Esta situación se debe a las caídas naturales de tensión por efecto de la longitud del alimentador. Para fines visuales, los colores de los nodos representan el nivel de tensión: el azul indica niveles cercanos a valores aceptables, el verde niveles cercanos al límite inferior, y la celeste condición críticas.

3.8 RESULTADOS Y ANALISIS DEL PERfil DE TENSION OBTENIDOS EN LA BARRA DE 10.5KV Y SUS EFECTOS A LO LARGO DEL AMT DOLORESPATA N°08 CON LA REGULACION DE TENSION ACTUAL.

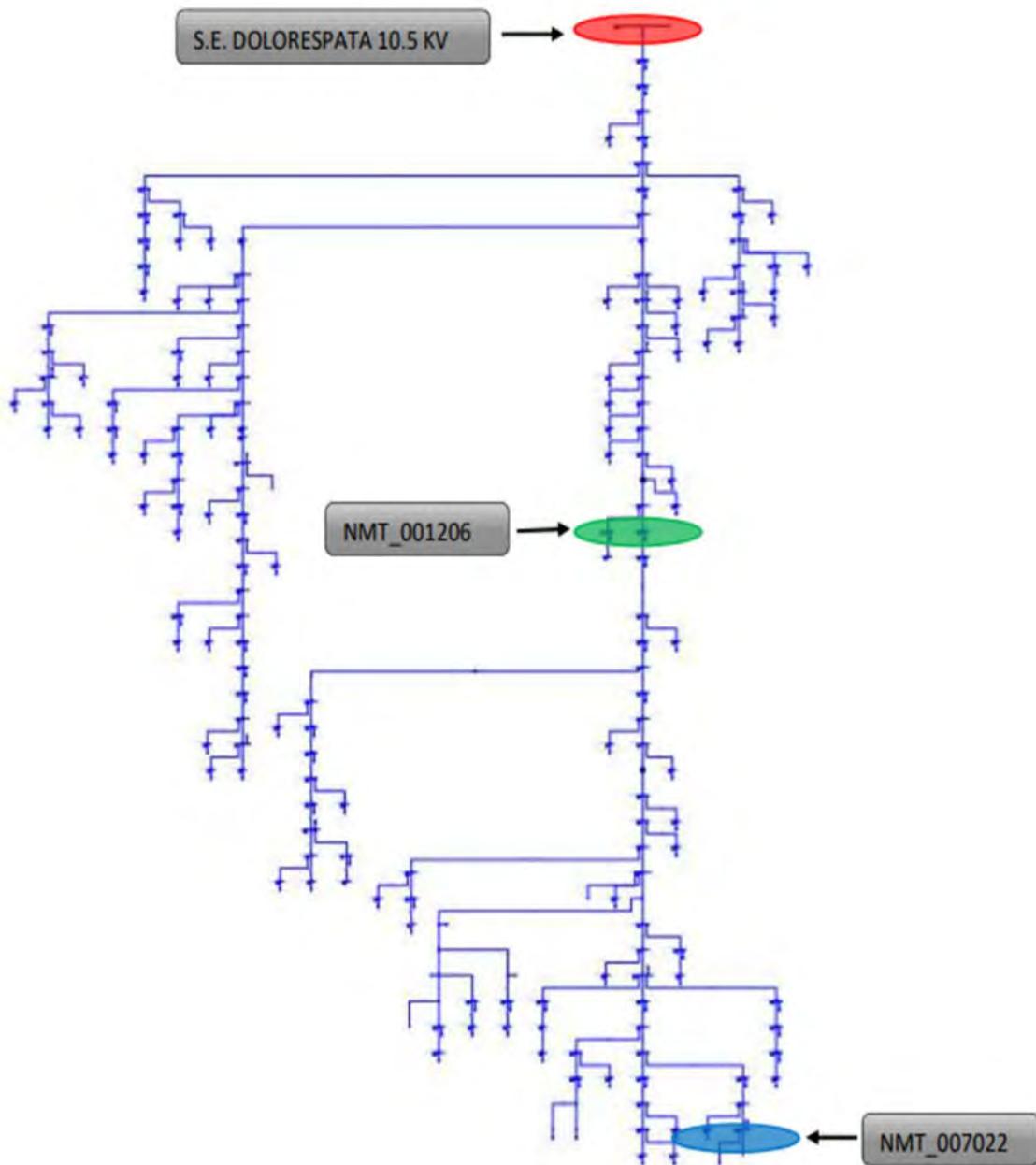
La simulación del sistema de regulación de tensión, de acuerdo con el esquema de compensación reactiva actual, trae como consecuencia variaciones de tensión que transgreden los límites establecidos por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). En la barra de 10.5 kV se registran sobretensiones superiores al +5 %, mientras que en la cola del alimentador DOLORESPATA N°08 se presentan subtensiones por debajo del -5 %. Estos desvíos se mantienen a lo largo de las 24 horas del día, como se ha mostrado en las figuras anteriores. A continuación, se presenta el análisis detallado de estos resultados en 03 puntos del alimentador:

- Inicio del alimentador (Cabecera): barra de 10.5 kV
- Centro de carga del alimentador: nodo NMT_001206
- Extremo final del alimentador(cola): nodo NMT_007022

Así mismo se evaluará en 02 escenarios:

- Escenario de tensiones pico: tensiones altas originadas en la barra de 10.5 kV reflejadas a lo largo del alimentador DOLORESPATA N°08
- Escenario de tensiones valle: tensiones bajas en la barra de 10.5kv reflejadas a lo largo del alimentador DOLORESPATA N°08

Figura 3.22 Puntos de análisis del AMT-DOLORESPATA N°08



Nota: Elaboración propia

A continuación, se muestra los perfiles de tensión obtenidos de la simulación en los tres puntos antes mencionados y en dos escenarios diferentes.

3.8.1 ESCENARIO CON TENSIONES PICO.

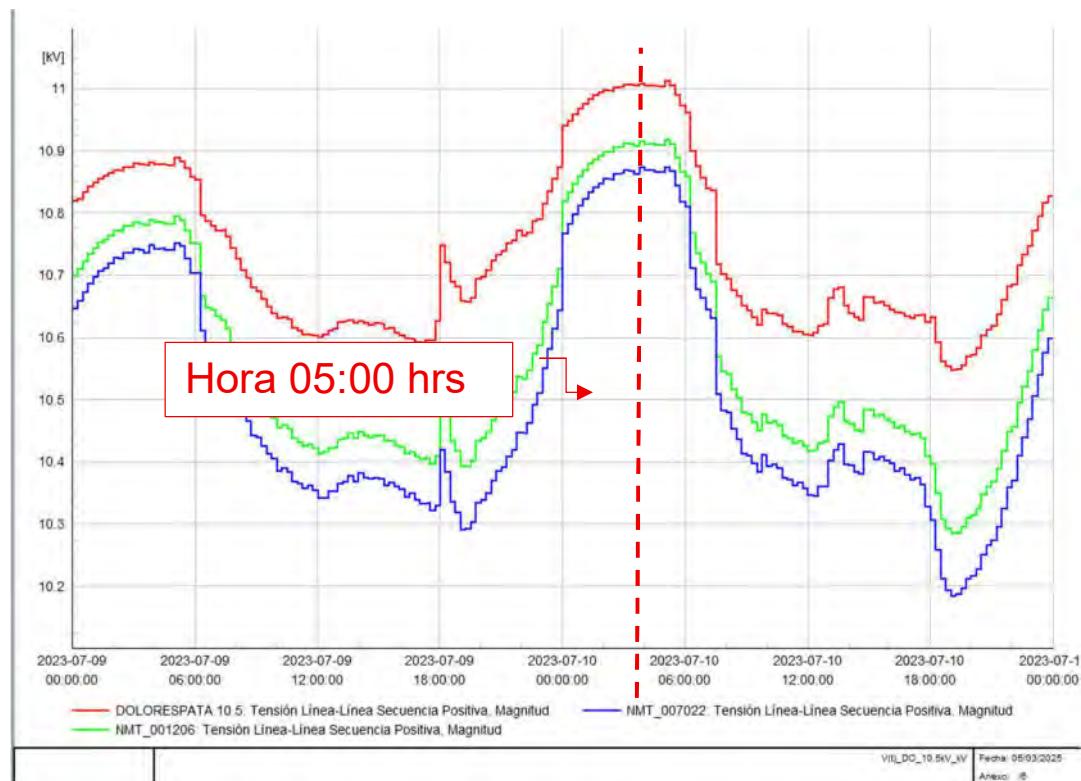
La figura 3.23 muestra el perfil de tensión en tres puntos de la red a lo largo de las 24 horas del día 10 de julio de 2023. Para fines visuales, las líneas de color rojo, verde y azul representan el comportamiento de la tensión en la barra de 10.5kv(cabecera), en el centro de carga, y en el extremo final de la línea (cola), respectivamente.

-Barra de 10.5kv (Cabecera): línea de color rojo

-Centro de carga: línea de color verde

-Fin de línea (Cola): línea de color Azul

Figura 3.23 Simulación cuasi dinámica de un día con mayores tensiones pico a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración propia

Se aprecia que el perfil de tensiones en cabecera llega a alcanzar niveles mayores a 11.025 kv, dichas sobretensiones se reflejaran en todo el AMT DOLORESPATA N°08, siendo los primeros tramos del alimentador lo más afectados.

La Tabla 3.8 presenta los valores de tensión en el instante en que se transgreden los límites establecidos (NTCSE), específicamente a las 05:00 horas, momento en el que se registra la mínima demanda de energía eléctrica. El análisis se realiza en tres puntos del alimentador DOLORESPATA N°08: cabecera, mitad de tramo y cola del AMT. arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3.8 Escenario de mínima demanda de energía

UBICACIÓN	TENSIÓN(KV)	HORA
Barra de 10.5KV(Cabecera)	11.0657	05:00:00 Hrs
NMT 1206 (Centro de carga)	10.917	05:00:00 Hrs
NMT 7022 (Fin de línea)	10.8745	05:00:00 Hrs

Nota: Elaboración propia

3.8.2 ESCENARIO CON TENSIONES VALLE.

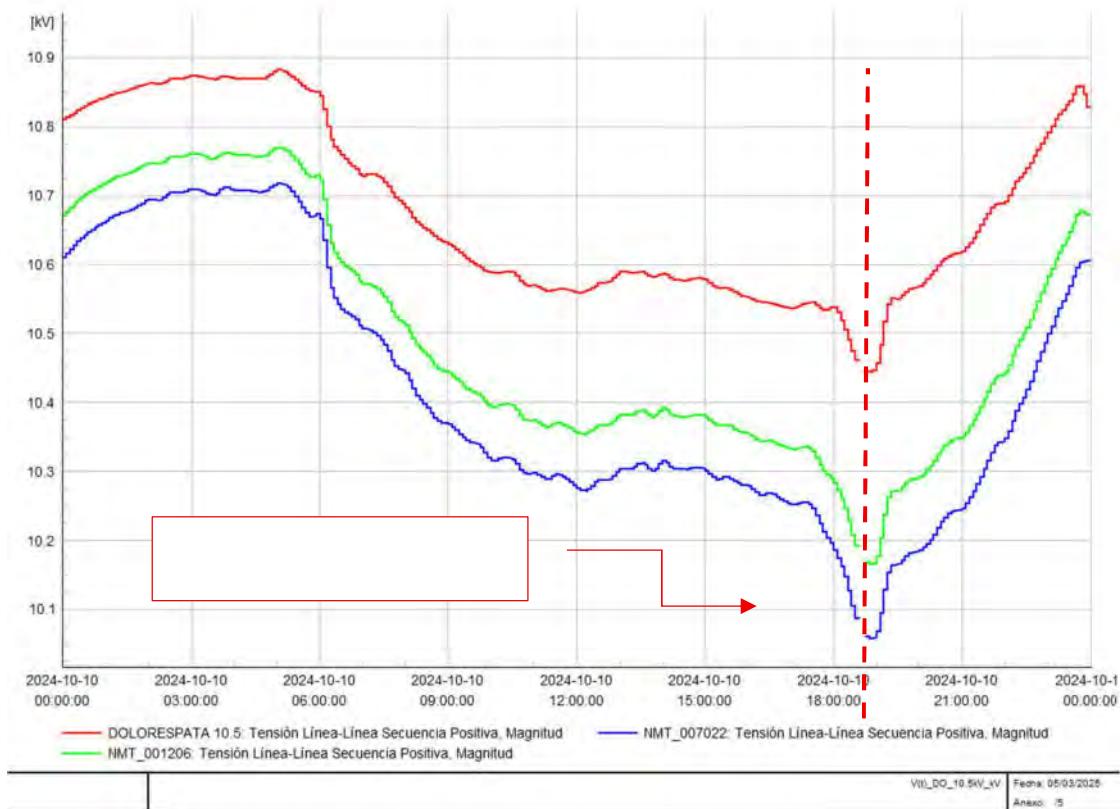
La figura 3.24 muestra el perfil de tensión en tres puntos de la red a lo largo de las 24 horas del día 01 de mayo del 2023. Para fines visuales, las líneas de color rojo, verde y azul representan el comportamiento de la tensión en la barra de 10.5kv(cabecera), en el centro de carga, y en el extremo final de la línea (cola), respectivamente.

-Barra de 10.5kv (Cabecera): línea de color rojo

-Centro de carga: línea de color verde

-Fin de línea (Cola): línea de color Azul

Figura 3.24 Simulación cuasi dinámica de un día con mayores tensiones valle.



Nota: Elaboración propia

Se aprecia que el perfil de tensiones en la cabecera del alimentador llega a alcanzar valores mínimos de aproximadamente 10.35 kV. Estos niveles, al recorrer todo el alimentador, experimentan caídas de tensión naturales debido a la impedancia de línea. Como consecuencia, en la cola del alimentador la tensión llega a descender hasta los 9.91 kV, siendo esta la zona más crítica del sistema. Dicho valor transgrede el límite inferior de la (NTCSE).

La Tabla 3.9 presenta los valores de tensión en el instante en que se transgreden los límites establecidos (NTCSE), específicamente a las 18:30 horas, momento en el que se registra la máxima demanda de energía eléctrica. El análisis se realiza en tres puntos del alimentador DOLORESPATA N°08: cabecera, mitad de tramo y cola del AMT. arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3.9 Escenario de máxima demanda de energía

UBICACIÓN	TENSION(KV)	HORA
Barra de 10.5KV(Cabecera)	10.35KV	18:30:00 Hrs
NMT 1206 (Centro de carga)	10.1914	18:30:00 Hrs
NMT 7022 (Fin de línea)	9.91 kv	18:30:00 Hrs

Nota: Elaboración propia

3.9 RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO.

La regulación manual de tensión actual ha demostrado ser una práctica con impactos negativos significativos en la tensión de operación en la barra de 10.5kv y a lo largo del alimentador D0LORESPATA N°08 , Esta situación se ve agravada por la inexistencia de un sistema de regulación de tensión en el centro de carga del alimentador que permita mitigar las caídas de tensión naturales que se presentan en la cola del alimentador, como resultado se ve comprometida la estabilidad del sistema y la vida útil de los equipos conectados.

Además, la ausencia de un sistema automatizado de compensación reactiva capacitiva genera errores en la operación, lo que genera tensiones que transgreden la NTCSE y afectan de manera directa la calidad de producto a los usuarios finales debido a que La regulación manual depende directamente del factor humano, lo que introduce un margen de error significativo en la toma de decisiones. Durante las horas pico y valle, donde la demanda de energía varía drásticamente, la falta de una respuesta automática y precisa genera una regulación lenta e imprecisa, afectando la estabilidad del suministro.

Para mitigar estos impactos, es fundamental la implementación de un sistema de regulación automatizado tanto en cabecera (barra de 10.5kv) y en el centro de carga del alimentador D0LORESPATA N°08 que permita una regulación más precisa y rápida, reduciendo errores humanos y garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por la NTCSE.

CAPÍTULO IV: MODELAMIENTO DE SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN AUTOMATICO

4.1 INTRODUCCIÓN.

Como se ha comprobado en el capítulo III, las características del sistema regulación actual no garantiza el cumplimiento de las tolerancias de la NTCSE.

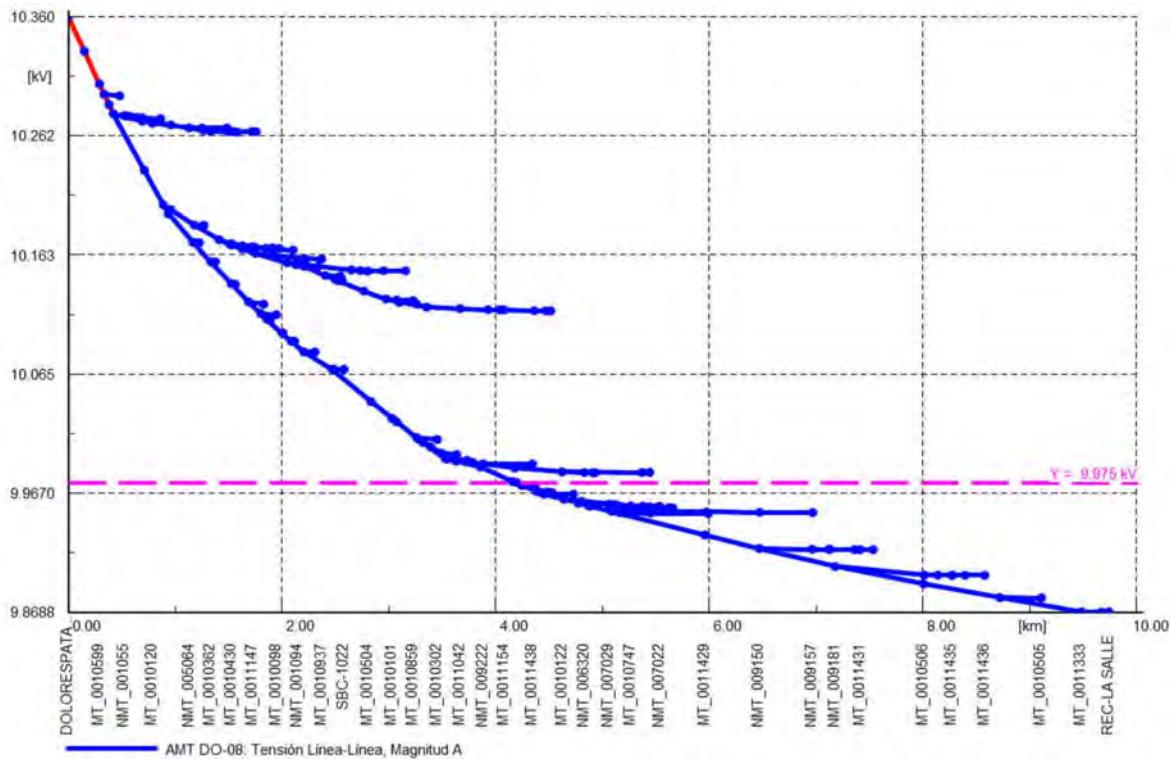
En este capítulo se desarrolla la simulación y aplicación de un sistema de regulación automática para mejorar tensión de operación de la barra de 10.5kv y por ende la tensión de operación de todo el alimentador DOLORESPATA N°08, para evaluar su funcionamiento y resultados.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN PROPUESTO

El análisis de las mediciones de potencia y tensión en la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata así como el archivo de simulación cuasi dinámico del AMT DOLORESPATA N°08 han evidenciado la necesidad de implementar un sistema de control y regulación automática de tensión; que permita que la tensión de operación a lo largo de todo el alimentador no solo esté dentro de las tolerancias establecidas por la NTCSE sino en un intervalo en el que sus variaciones sean lo menos perceptibles por los usuarios finales.

Adicionalmente, estos resultados establecen que la necesidad de regulación de tensión para el AMT DOLORESPATA N°08 no solo es en la cabecera (barra de 10.5Kv) sino también a lo largo de su recorrido debido a la caída de tensión provocada por la carga., la figura 4.1 muestra la caída de tensión en la cola del alimentador por debajo de 9.975 kv.

Figura 4.1 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 en un horario definido.



Nota: Elaboración Propia

El presente estudio plantea satisfacer los dos (02) requerimientos de regulación de tensión del AMT DOLORESPATA N°08 por medio de un sistema automático de conexión y desconexión de los bancos de compensación reactiva capacitiva de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata (regulación en la cabecera) y con la incorporación de un banco de 03 autotransformadores monofásicos de regulación automática de tensión que serán ubicados en el centro de carga.

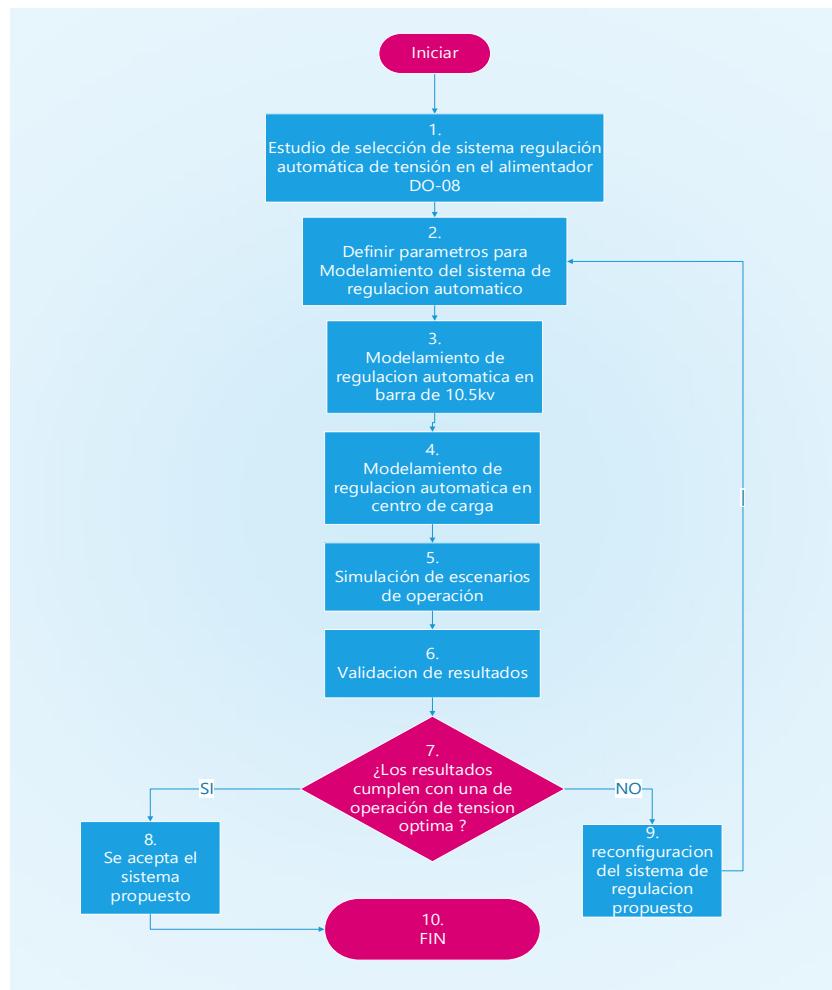
Con esto se pretende controlar la caída de tensión en el recorrido del AMT DOLORESPATA N°08 de la Figura 4.1. a su vez también limitar la magnitud de las variaciones súbitas de tensión en la barra de 10.5kv presentadas en la Figura 4.2 y mantenerlas dentro de un parámetro de rango de tensión de operación.

Figura 4.2 Tensión en la cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 a lo largo de un día típico.



Nota: Elaboración Propia

Figura 4.3 Proceso de selección de sistema de regulación automática



Nota: Elaboración Propia.

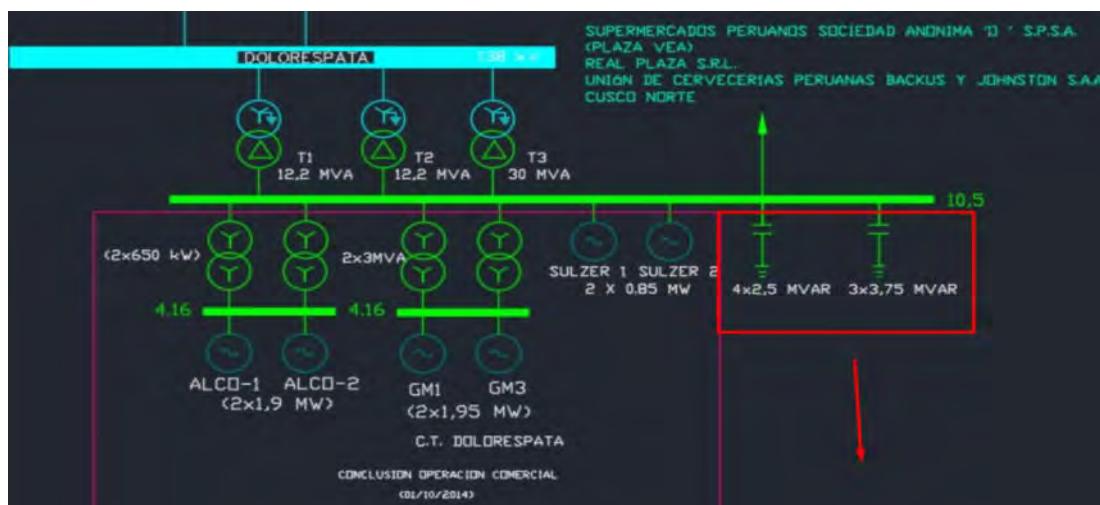
4.3 REGULACIÓN EN LA CABECERA.

Como se ha evidenciado en el capítulo III, la regulación de tensión en la cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 se realiza por medio de la conexión y desconexión de los siete (07) bancos de condensadores de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata; maniobras efectuadas manualmente por el Centro de Control de EGEMSA según criterio y evaluación del operador de turno.

Esta condición determina que el control de tensión en la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata no sea continuo ni permanente e incluso llegue a ser deficiente.

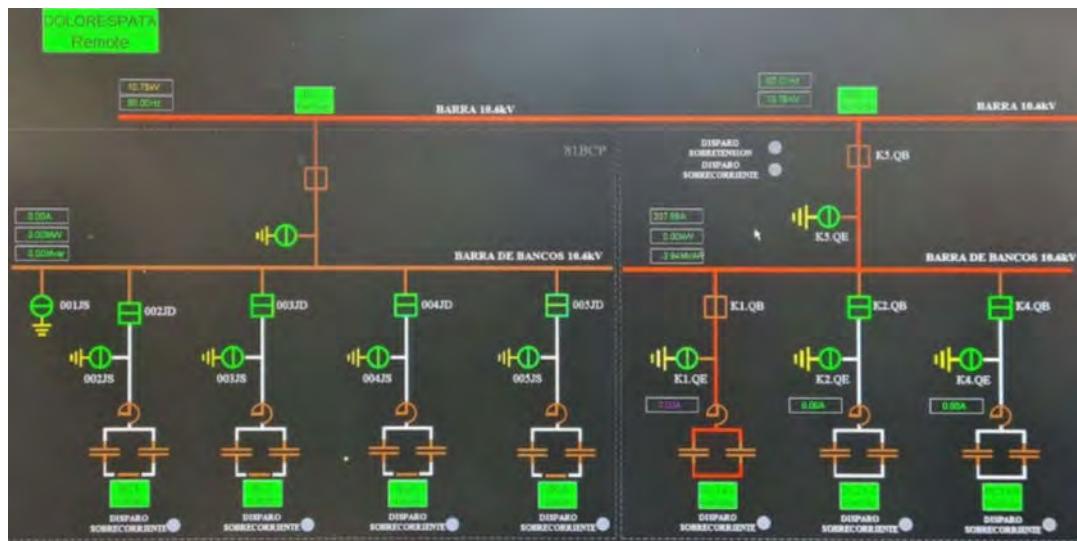
Se plantea implementar un sistema de control automático de conexión y desconexión de los siete (07) bancos de condensadores por medio de un relé de protección digital que cuente con las funciones de mínima tensión (ANSI 27) y sobretensión (ANSI 59); y que por medio de sus salidas digitales controle a los interruptores de cada una de las etapas de los bancos de compensación. Para ello, se realizará una verificación de la infraestructura existente y la requerida:

Figura 4.4 Diagrama unifilar barra de 10.5kv



Nota: EGEMSA

Figura 4.5 Diagrama unifilar de Bancos compensación reactiva.



Nota: EGEMSA.

De la revisión del diagrama unifilar de la S.E. Dolorespata proporcionado por EGEMSA, se ha identificado el siguiente equipamiento existente:

- 04 bancos de condensadores de 3.75MVAR.
- 03 bancos de condensadores de 4.25MVAR.
- 02 transformadores de Tensión de 10500/100Vac.
- 07 celdas de maniobra con disyuntor para la conexión y desconexión de cada uno de los bancos de condensadores, operados remotamente desde el Centro de Control de EGEMSA.

La propuesta del presente estudio requiere el siguiente equipamiento:

- 01 relé digital de protección eléctrica que cumpla con el estándar IEEE y tenga la siguiente funcionalidad (como mínimo):
 - 02 etapas de protección de subtensión (ANSI 27).

- 02 etapas de protección de sobretensión (ANSI 59).
 - Lógica booleana configurable.
- 08 entradas digitales para identificación de los interruptores de cada banco de condensadores.
- 08 salidas digitales para control de los interruptores de cada banco de condensadores.

Se recomienda la utilización de un relé de la marca SEL (Schweitzer) y del modelo 751, así mismo se presenta su datasheet (ficha técnica) que valida el requerimiento descrito anteriormente.

4.3.1 RELE SEL 751

El SEL-751 es un relé de protección de alimentadores que protege líneas, transformadores y otros equipos eléctricos contra fallas. Combina protección, monitoreo, control y comunicación en un solo equipo tiene diversas funciones de protección, entre las cuales se encuentran las funciones ANSI 27 (Subtensión) y ANSI 59 (Sobretensión). Mide continuamente los valores eléctricos (corriente, voltaje, frecuencia) y los compara con los ajustes de protección, si detecta una falla, envía una señal de apertura a un interruptor para aislar la zona afectada registrando el evento para análisis posterior además de enviar alarmas y datos a sistemas SCADA o centros de control.

FUNCIONES DE PROTECCION

- Protección de sobre corriente (50/51, 50G/51G, 50N/51N)
- Protección de Sobre/Subtensión (59, 27)
- Protección de frecuencia (81O, 81U).
- Protección de falla a tierra.
- Protección de reconexión automática.
- Protección de desequilibrio de corriente y tensión.
- Protección de arco eléctrico.

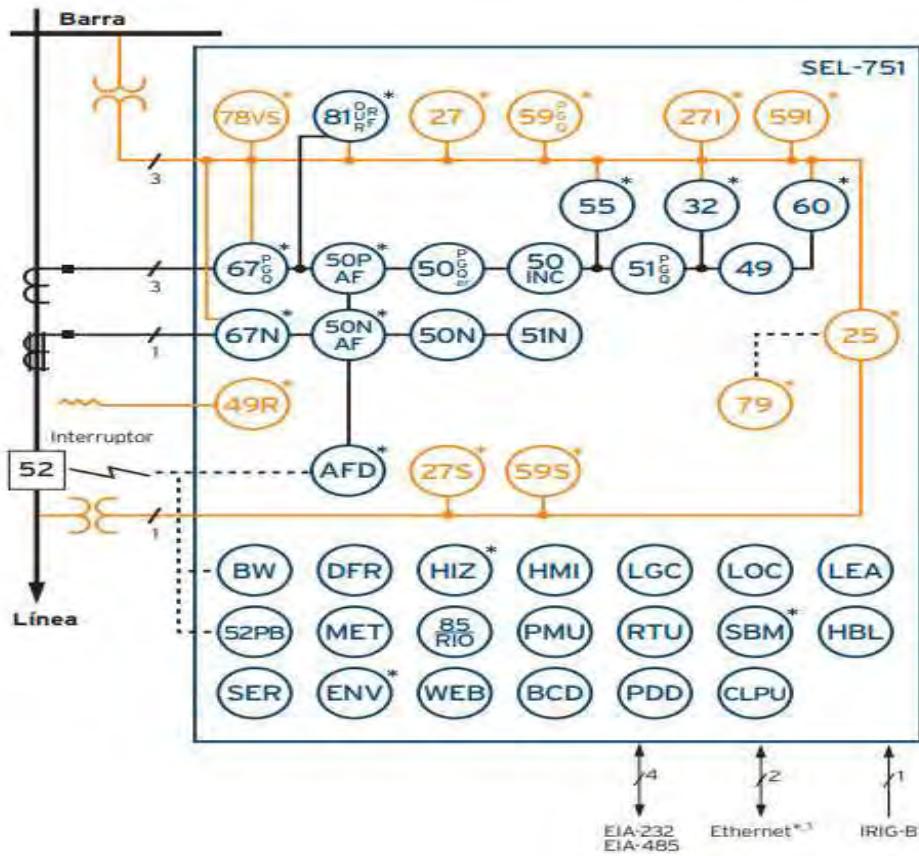
ENTRADAS Y SALIDAS

- 4 entradas de corriente (IA, IB, IC, IN)
- 4 entradas de tensión (VA, VB, VC, N)
- 2 entradas digitales fijas (expandibles hasta 8)
- Soporte para RTDs (hasta 10 con módulo SEL-2600)
- 3 salidas digitales fijas (expandibles hasta 8)
- 4 salidas analógicas opcionales
- Ethernet (simple o dual)
- RS-232 / RS-485 (opcional)
- Fibra óptica ST (opcional)

CARACTERISTICAS

- En rack de 19" o panel empotrado
- Cumple con normativas IEC y ANSI
- 110–240 Vca / 110–250 Vcc
- 24–48 Vcc (opcional)
- -40°C a +85°C

Figura 4.6 Datasheet relé SEL 751.



Nota: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Tabla 4.1 Funciones de Protección relé SEL 751

Protection Element		Slot Z 4 ACI Card (Current Only Model) With 1 A or 5 A Neutral Channel	Slot Z 4 ACI/ 3 AVI Card With 1 A or 5 A Neutral Channel	Slot Z 4 ACU/ 3 AVI Card With 200 mA Neutral Channel	Slot Z 4 ACI/ 3 AVI LEA Card With 200 mA Neutral Channel
50P	Max. Phase Overcurrent	X	X ^a	X	X
67P	Max. Phase Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
50Q	Neg.-Seq. Overcurrent	X	X	X	X
67Q	Neg.-Seq. Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
50G	Residual Overcurrent	X	X	X	X
67G	Residual Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
50N	Neutral Overcurrent	X	X	X	X
67N	Neutral Overcurrent With Directional Control			X ^b	X ^b
50INC	Incipient Cable Fault Detection	X	X	X	X
51mP	Phase Time Overcurrent ($m = A, B, C$)	X	X	X	X
51P	Max. Phase Time Overcurrent	X	X	X	X
51P	Max. Phase Time Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
51G	Residual Time Overcurrent	X	X	X	X
51G	Residual Time Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
51Q	Neg.-Seq. Time Overcurrent	X	X	X	X
51Q	Neg.-Seq. Time Overcurrent With Directional Control		X ^a	X ^b	X ^b
51N	Neutral Time Overcurrent	X	X	X	X
51N	Neutral Time Overcurrent With Directional Control			X ^b	X ^b
SEF	Sensitive Earth Fault			X	X
HBL	Second- and Fifth-Harmonic Blocking	X	X	X	X
FLOC	Fault Locator		X	X	X
27	Undervoltage (Phase, Phase-to-Phase, Vsync)		X	X	X
59	Overvoltage (Phase, Phase-to-Phase, Seq., Vsync)		X	X	X

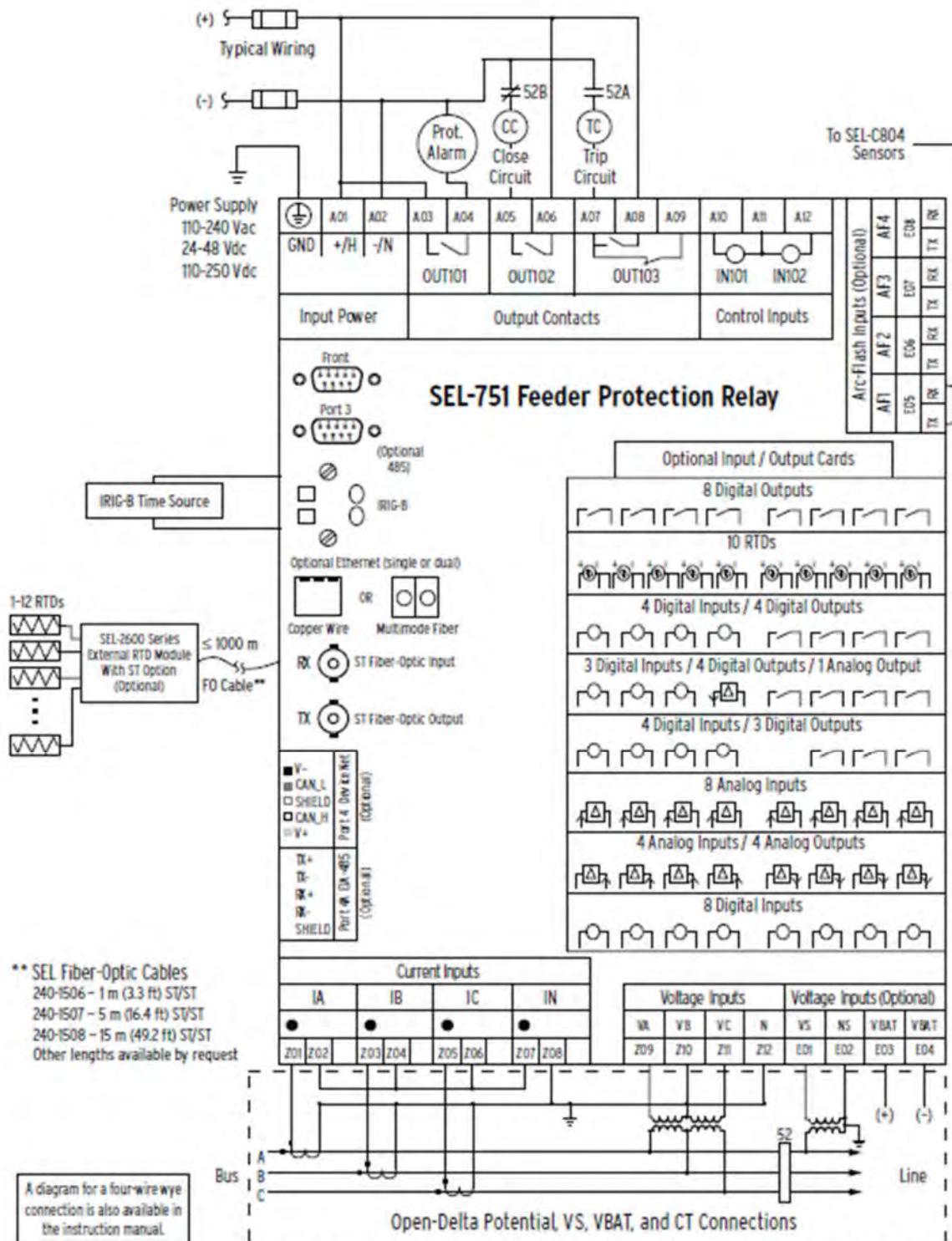
Nota: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Figura 4.7 Relé SEL-751



Nota: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Figura 4.8 Diagrama de conexión relé SEL-751



Nota: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

4.3.2 AUTOMATIZACIÓN DE LA REGULACIÓN DE TENSIÓN CON EL RELÉ SEL-751 EN LA BARRA DE 10.5KV

La automatización de la regulación de tensión en una barra de 10.5 kV se realiza mediante el relé SEL-751, el cual permite conectar o desconectar progresivamente bancos de compensación reactiva según el valor de la tensión del sistema. Esta lógica busca mantener la tensión dentro de un rango eficiente y seguro, sin necesidad de intervención manual.

4.3.2.1 RANGO DE OPERACIÓN OPTIMO

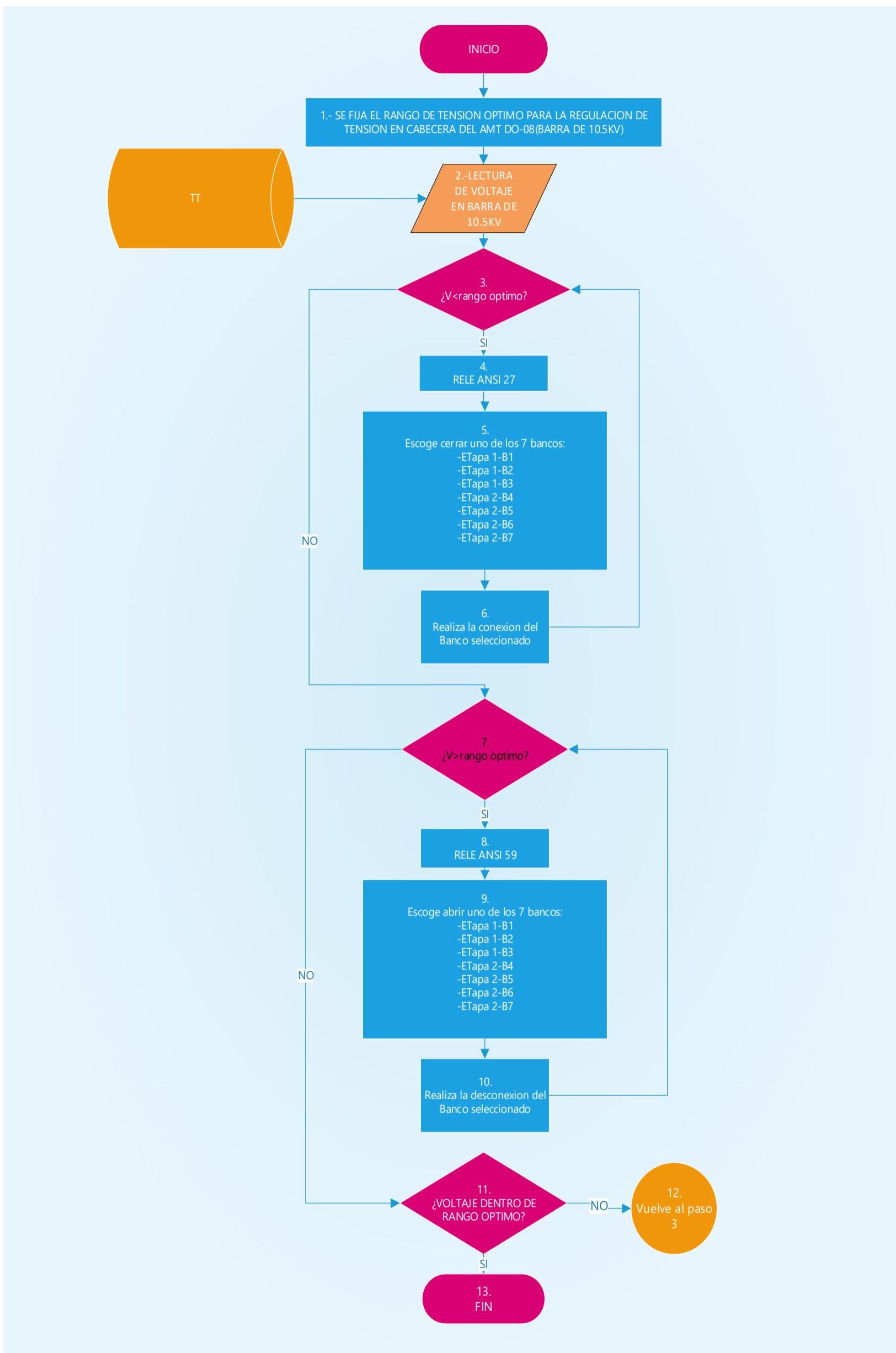
El rango de operación óptimo de tensión representa el intervalo dentro del cual el sistema se considera en estado normal y tiene un valor máximo y un valor mínimo, este margen permite una regulación eficiente, ya que tensiones por debajo de valor mínimo acentúan las caídas de tensión a lo largo del alimentador debido a las impedancias propias de la red, mientras que por encima del valor máximo existe el riesgo de una sobrecompensación innecesaria. Mantener la tensión dentro de estos límites contribuye a la estabilidad del sistema eléctrico y al control adecuado de la potencia reactiva.

4.3.2.2 LÓGICA DE CONTROL DEL SEL-751

Cuando la tensión baja del límite inferior, se activa la función ANSI 27 (subtensión) y el relé conecta uno a uno los bancos capacitivos hasta recuperar el nivel de tensión. Si la tensión supera el límite superior, se activa la función ANSI 59 (sobretensión) y se desconectan los bancos de forma progresiva. Todo este proceso se ejecuta mediante salidas digitales configuradas y una lógica secuencial interna.

- Subtensión (ANSI 27): si $V < V_{min}$. → se inicia la conexión progresiva de bancos.
- Sobretensión (ANSI 59): si $V > V_{max}$. → se inician las desconexiones progresivas.

Figura 4.9 Diagrama de Flujo de operación de Rele Sel 751.



Nota: Elaboración Propia.

Tabla 4.2 Operación de Relé SEL-751.

FUENTE/ORIGEN	NRO	Descripción Actividades	Ejecutor de la Actividad
SOFTWARE DE CONTROL	1	SE FIJA EL RANGO DE TENSION OPTIMO PARA LA REGULACION DE TENSION EN CABECERA DEL AMT DOLORESPATA N°08(BARRA DE 10.5KV)	PROGRAMADOR
TRANSFORMADOR DE TENSION	2	Inicio del proceso de monitoreo y lectura de voltaje recibiendo información del transformador de tensión (TT)	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	3	¿Existen tensiones menores al rango óptimo de tensión? Si: Va a la actividad 04 No: Va a la actividad 07	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	4	Se activa la función del relé ANSI 27(su tensión)	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	5	El relé SEL 751 detecta su tensión y selecciona uno de los 7 bancos capacitores disponibles para aumentar el voltaje y emite una señal de cierre al interruptor: -3X3. 75Mvar:BB1, BB2, BB3. -4X2.5Mvar: BB1, BB2, BB3, BB4.	RELE SEL 751
RELE SEL 751	6	Se realiza la conexión del banco seleccionado a través de un interruptor	Disyuntor/Interruptor
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	7	¿Existe tensiones mayores al rango óptimo de tensión? SI: Va a la actividad 08 NO: Va a la actividad 11	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	8	Se activa la función del relé ANSI 59(Sobretensión)	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	9	El sistema detecta sobretensión y selecciona uno de los 7 bancos capacitores para desconectarlo y reducir la tensión.: -3X3. 75Mvar:BB1, BB2, BB3. -4X2.5Mvar: BB1, BB2, BB3, BB4.	RELE SEL 751
RELE SEL 751	10	Se realiza la desconexión del banco seleccionado a través de un interruptor	Disyuntor/Interruptor
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	11	¿Voltaje dentro del rango óptimo de tensión? Si: Va a la actividad 13 NO: Va a la actividad 12	RELE SEL 751
FUNCION DE RELE PROGRAMADA	12	Vuelve a la actividad 3	RELE SEL 751
	13	FIN	

Nota: Elaboración Propia

4.4 MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN LA BARRA DE 10.5KV

Se modeló la infraestructura eléctrica propuesta (bancos de compensación reactiva en el sistema en estudio (AMT DOLORESPATA N°08) para manipular los parámetros de configuración de los controladores automáticos de tensión y así obtener escenarios de operación que permitan evaluar resultados y el performance de la alternativa propuesta.

A continuación, se muestra 03 escenarios de operación de los cuales se escogerá el más eficiente para la regulación de tensión en la barra de 10.5kv.

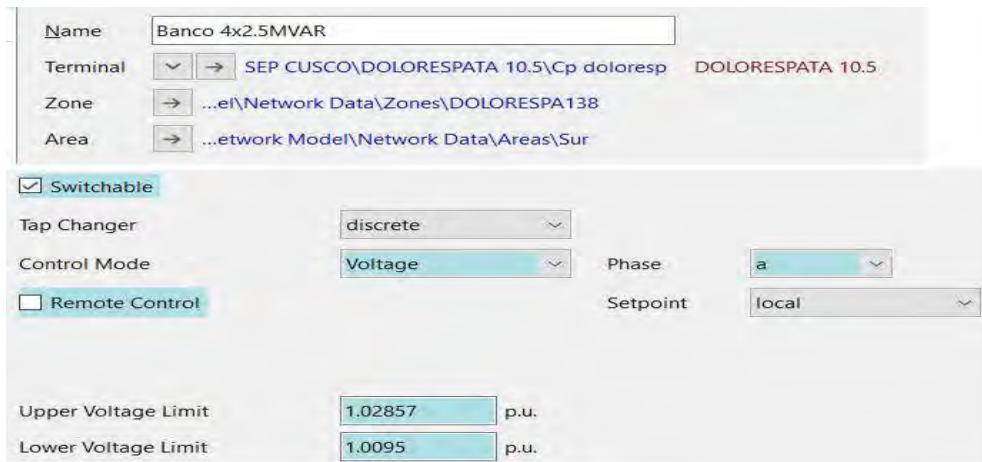
4.4.1 ESCENARIO 1: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO DEL BANCO N° 01 (4X2.5MVAR) DE LA S.E. DOLORESPATA.

En este escenario se automatizará solo un grupo de bancos (4x2.5 MVAR) mientras el otro grupo de bancos(3x3.75MVAR) mantendrá su operación manual siguiendo un esquema típico de conexión y desconexión manual de los bancos capacitivos.

PARÁMETROS DE REGULACIÓN:

- a) Banco N° 01 (4x2.5MVAR) con regulación automática:
 - Tensión Consigna: 10.7kV (1.019 p.u.).
 - Ancho de Banda: $\pm 0.1\text{kV}$ (Tensión mínima de 10.6kV y Tensión máxima de 10.8kV).
 - Tiempo de Espera: 10 segundos.
- b) Banco N°02 (3x3.75MVAR) con regulación manual de acuerdo con el esquema típico de EGEMSA.

Figura 4.10 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°01.



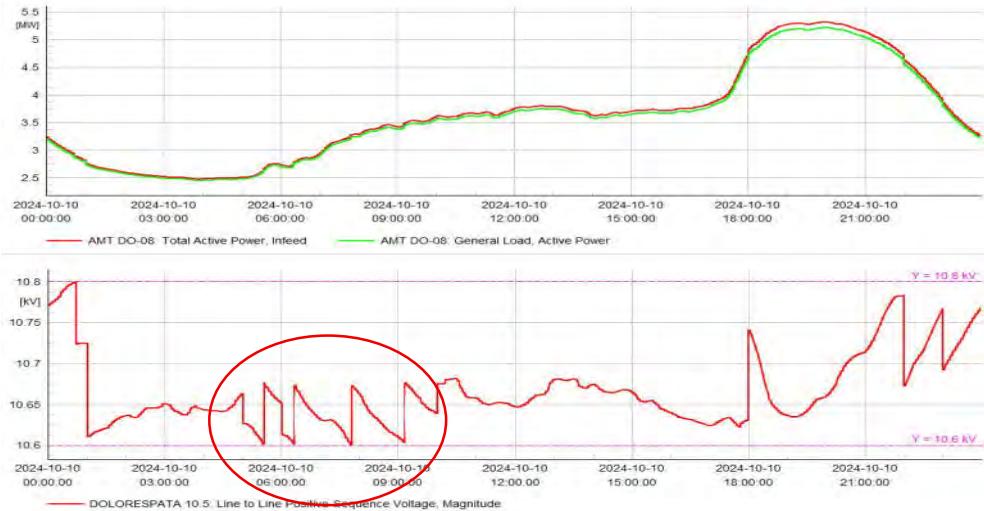
Nota: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

Las figuras 4.11 y 4.12 muestran cómo es que el sistema regulación automatizado mantiene la tensión dentro de los límites establecidos programados (10.6kv y 10.8kv), frente a la demanda de potencia que se incrementa a través del tiempo.

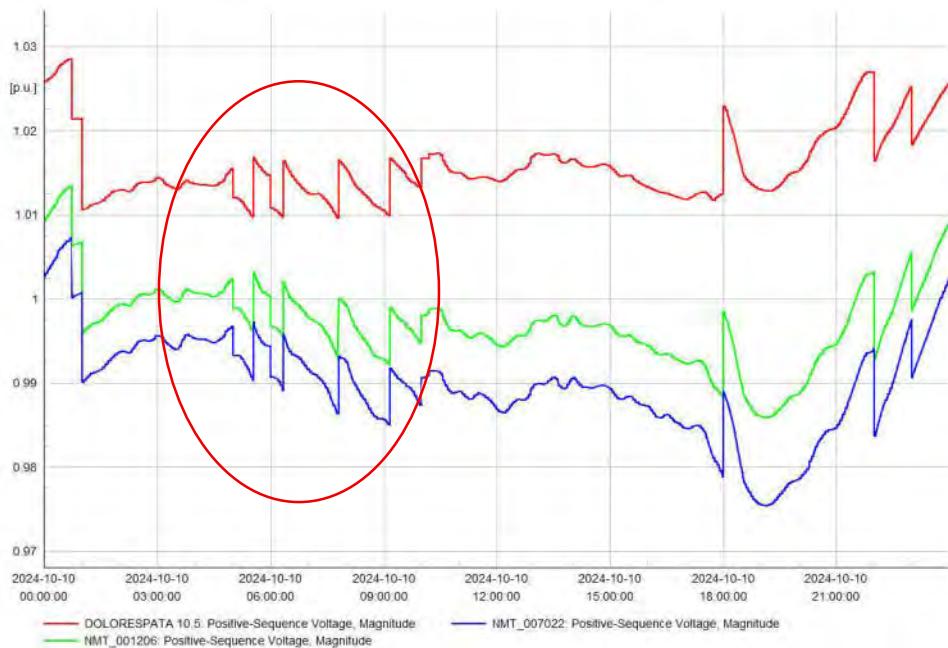
Además, se observan fluctuaciones continuas(serruchos) en las tensiones que no son muy recomendables.

Figura 4.11 Potencia Vs. Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 01.



Nota: Elaboración Propia.

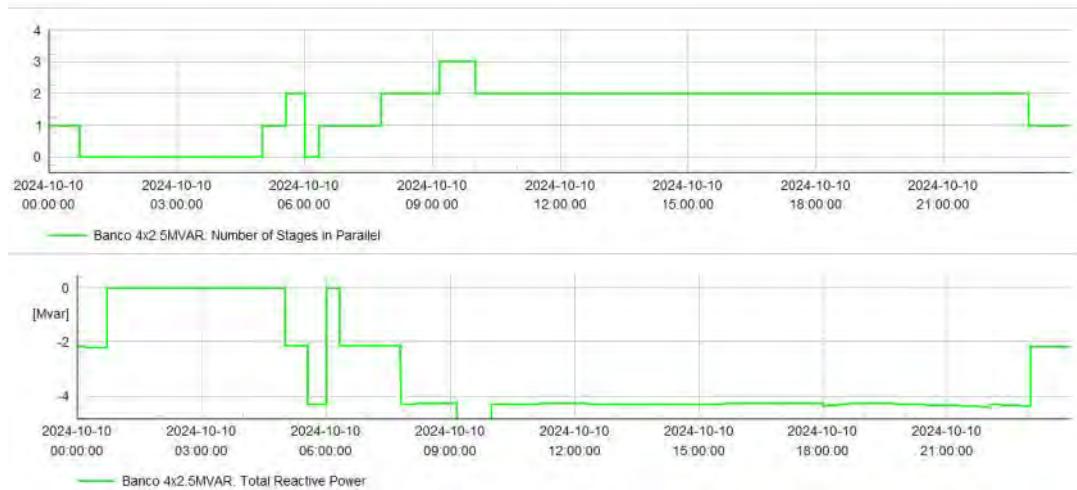
Figura 4.12 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 01.



Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.13 muestra conexión y desconexión automática de los bancos de 4x2.5 Mvar a través del tiempo, realizando hasta un total de 10 operaciones.

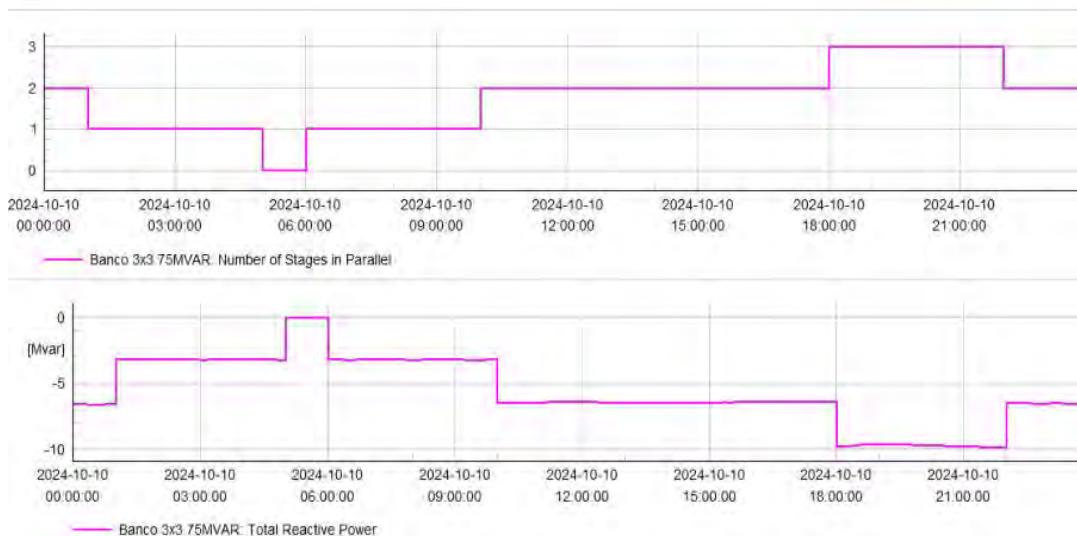
Figura 4.13 Esquema de Regulación automática del Banco N°01(4x2.5 Mvar) – Escenario 01.



Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.14 muestra un esquema típico de conexión y desconexión manual de los bancos de 3x3.75 Mvar que se mantendrá constante en el tiempo.

Figura 4.14 Esquema de Regulación manual del Banco N°02(3x3.75Mvar) – Escenario 01



Nota: Elaboración Propia.

Los resultados en este escenario nos muestran que la operación del banco de 4x2.5 presenta operaciones consecutivas de hasta 10 veces en un día, lo recomendable es que las operaciones sean mínimas debido al deterioro de vida útil de los equipos eléctricos.

4.4.2 ESCENARIO 2: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO

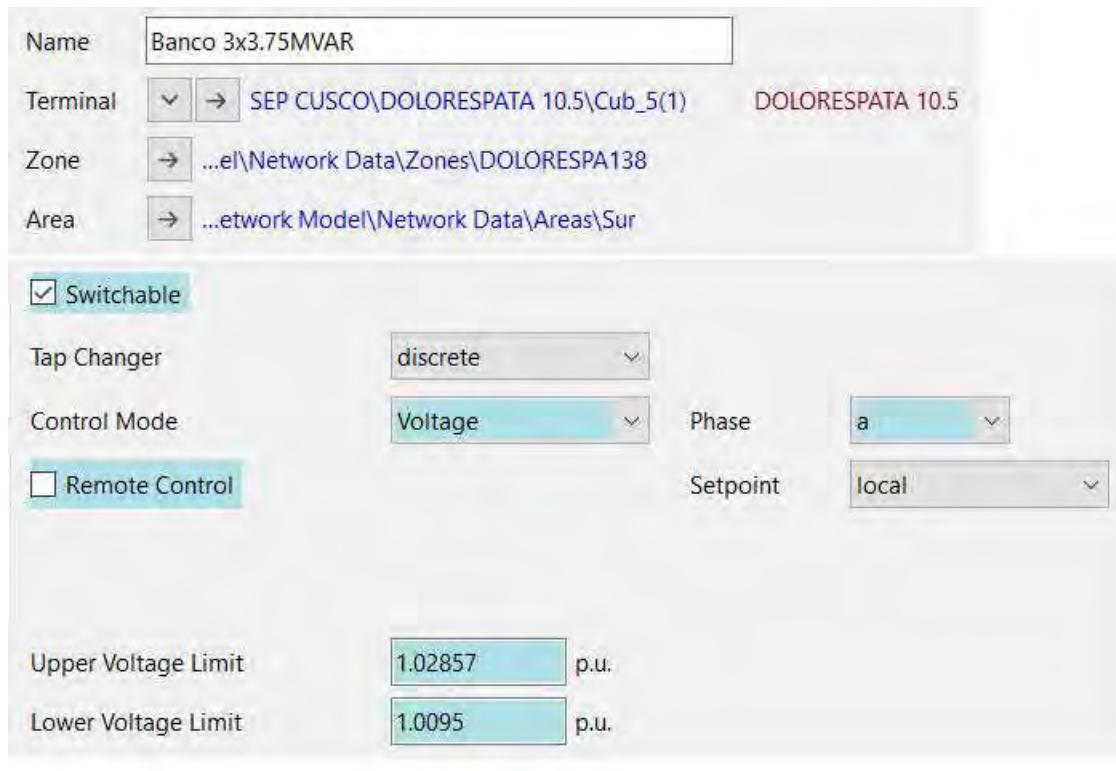
DEL BANCO N°02 (3X3.75MVAR) DE LA S.E. DOLORESPATA

En este escenario se automatizará solo un grupo de bancos(3x3.75MVAR) mientras el otro grupo de bancos (4x2.5 MVAR) mantendrá su operación manual siguiendo un esquema típico de conexión y desconexión manual de los bancos capacitivos.

PARÁMETROS DE REGULACIÓN:

- a) Banco N° 01 (4x2.5MVAR) con regulación manual de acuerdo con el esquema típico de EGEMSA.
- b) Banco N°02 (3x3.75MVAR) con regulación automática:
 - Tensión Consigna: 10.7kV (1.019 p.u.).
 - Ancho de Banda: $\pm 0.1\text{kV}$ (Tensión mínima de 10.6kV y Tensión máxima de 10.8kV).
 - Tiempo de Espera: 10 segundos.

Figura 4.15 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°02.



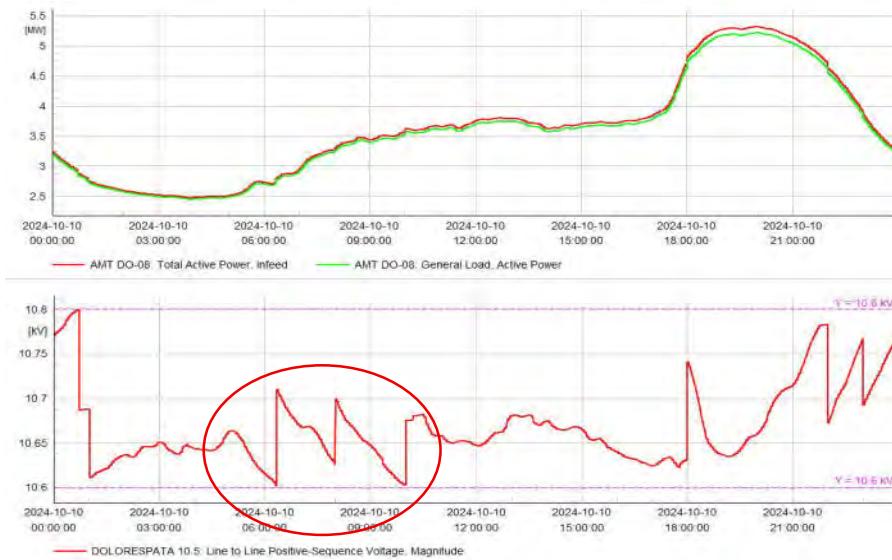
Nota: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

Las figuras 4.16 y 4.17 muestra cómo es que el sistema regulación automatizado mantiene la tensión dentro de los límites establecidos programados (10.6kv y 10.8kv), frente a la demanda de potencia que se incrementa a través del tiempo.

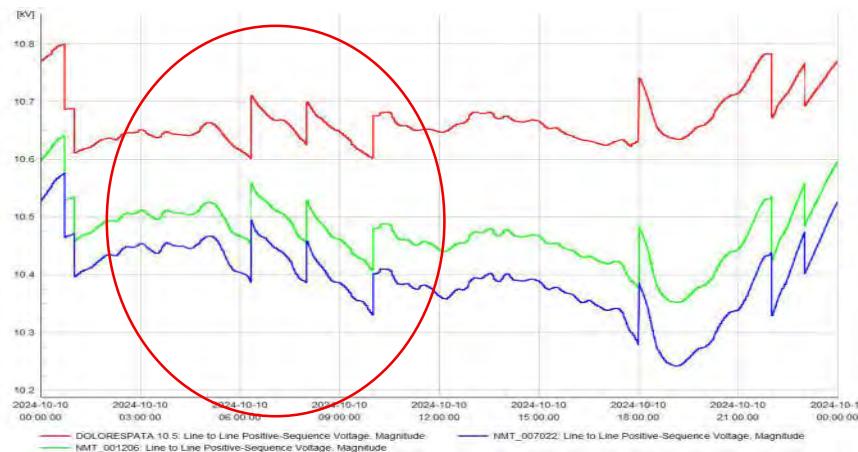
Además, en este escenario se puede observar que existe una mejoría con respecto al escenario 01 debido que se muestra un menor número de fluctuaciones de tensión.

Figura 4.16 Potencia Vs Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 02.



Nota: Elaboración Propia.

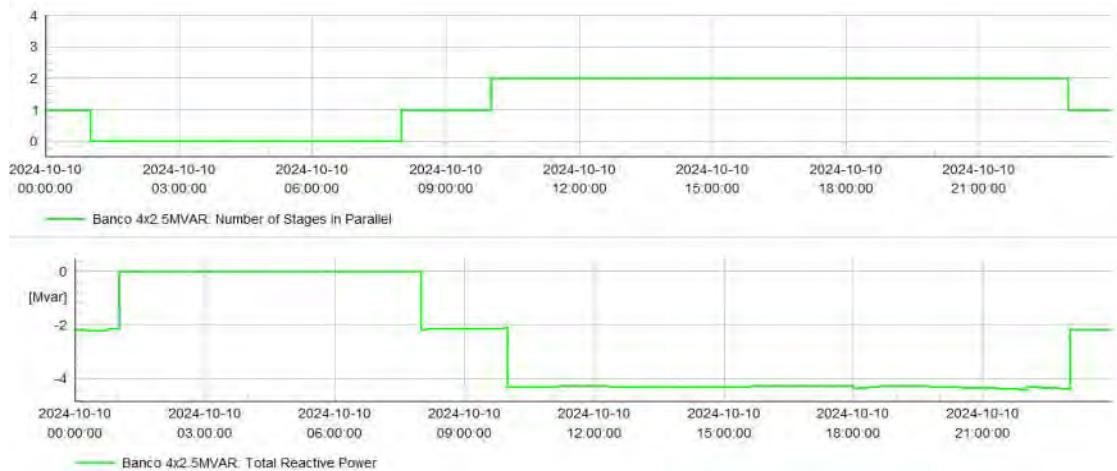
Figura 4.17 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 02.



Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.18 muestra un esquema típico de conexión y desconexión manual de los bancos de 4x2.5 Mvar que se mantendrá constante en el tiempo.

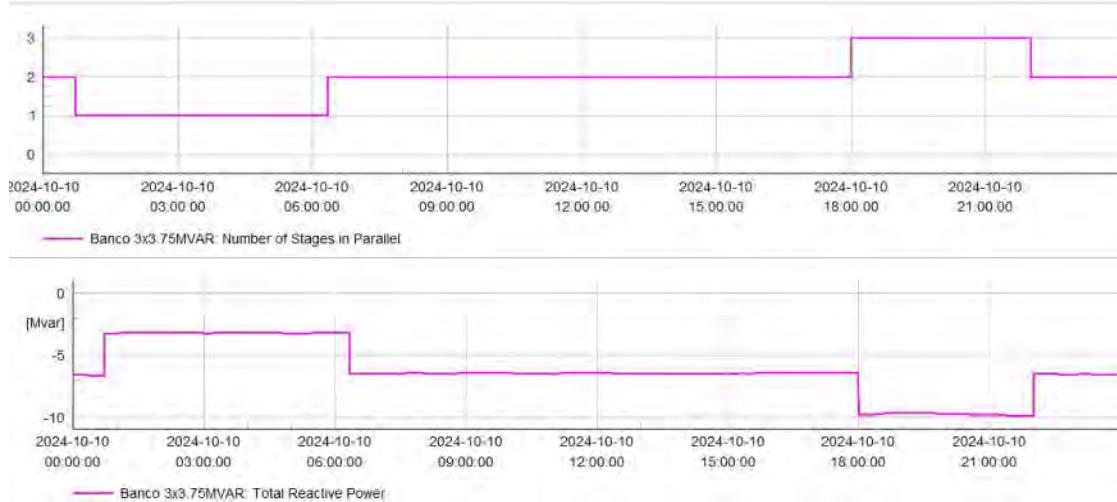
Figura 4.18 Esquema de Regulación manual del Banco N°01(4x2.5 Mvar) – Escenario 02.



Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.19 muestra conexión y desconexión automática de los bancos de 3.75 Mvar a través del tiempo , realizando hasta un total de 05 operaciones. A lo largo de las 24 horas del día.

Figura 4.19 Esquema de Regulación automática del Banco N°02(3x3.75 Mvar) – Escenario 02.



Nota: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en las figuras 4.19 muestran que la operación automática en los bancos de 3x3.75 MVAR son mucho más estables y en menor número llegando a tener hasta 05 operaciones en las 24 horas.

4.4.3 ESCENARIO 3: REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE TENSIÓN POR MEDIO DE 02 BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA CAPACITIVA DE LA S.E. DOLORESPATA

En este escenario se automatizará ambos grupos de bancos.

PARÁMETROS DE REGULACIÓN:

- a) Banco N° 01 (4x2.5MVAR) con regulación automática:
 - Tensión Consigna: 10.7kV (1.019 p.u.).
 - Ancho de Banda: $\pm 0.1\text{kV}$ (Tensión mínima de 10.6kV y Tensión máxima de 10.8kV).
 - Tiempo de Espera: 20 segundos.

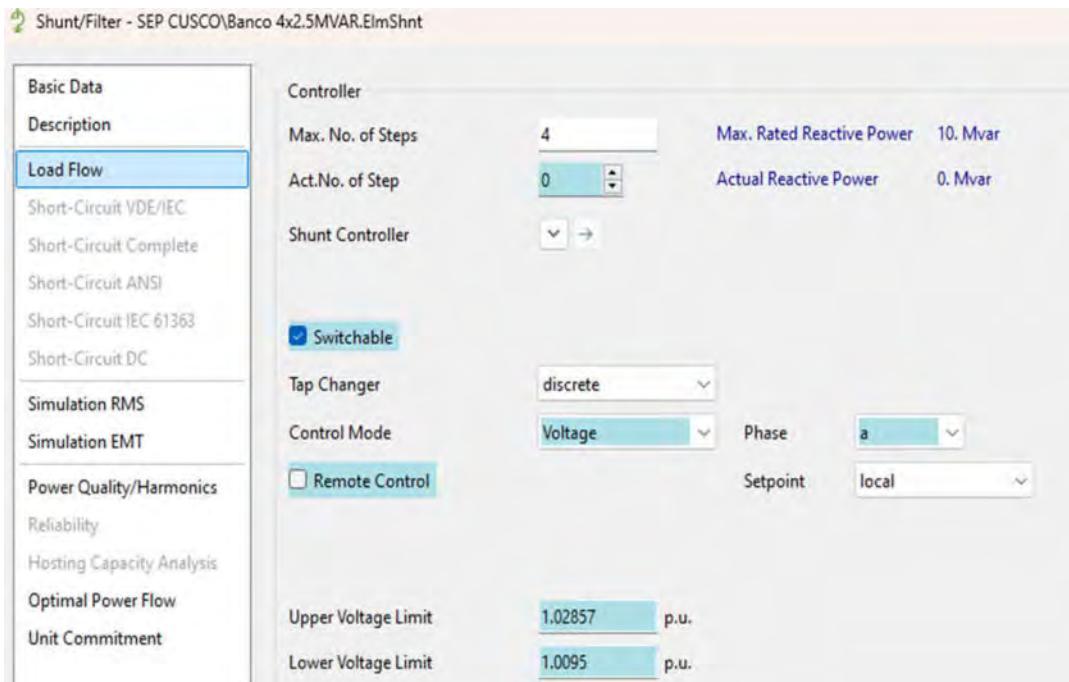
- b) Banco N°02 (3x3.75MVAR) con regulación automática:
 - Tensión Consigna: 10.7kV (1.019 p.u.).
 - Ancho de Banda: $\pm 0.1\text{kV}$ (Tensión mínima de 10.6kV y Tensión máxima de 10.8kV).
 - Tiempo de Espera: 10 segundos.

Figura 4.20 Parámetros de configuración en el modelo de regulación automática del banco N°01.



Nota: elaboración propia.

Figura 4.21 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco N°02.



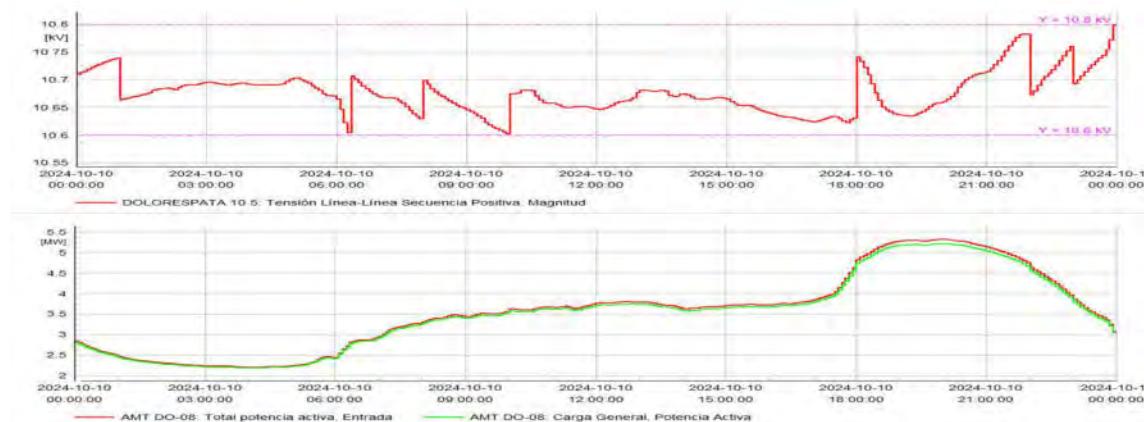
Nota: Elaboración Propia.

RESULTADOS:

Las figuras 4.22 y 4.23 muestran cómo el sistema de regulación automatizado mantiene la tensión dentro de los límites establecidos programados (10.6kv y 10.8kv), frente a la demanda de potencia que se incrementa a través del tiempo.

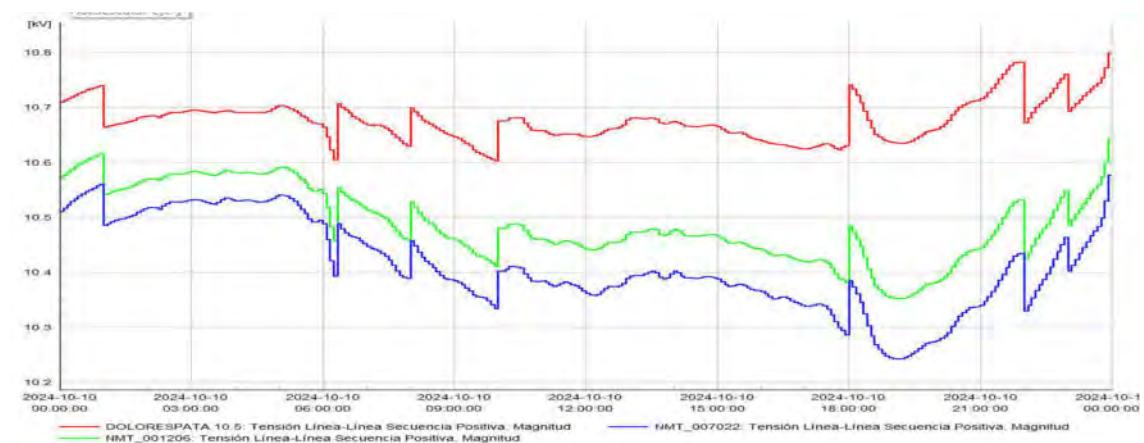
Así mismo en este escenario se muestran picos de tensión más cortos que en los 02 escenarios anteriores.

Figura 4.22 Potencia Vs. Tensión en la Cabecera del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 03.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 4.23 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 03.

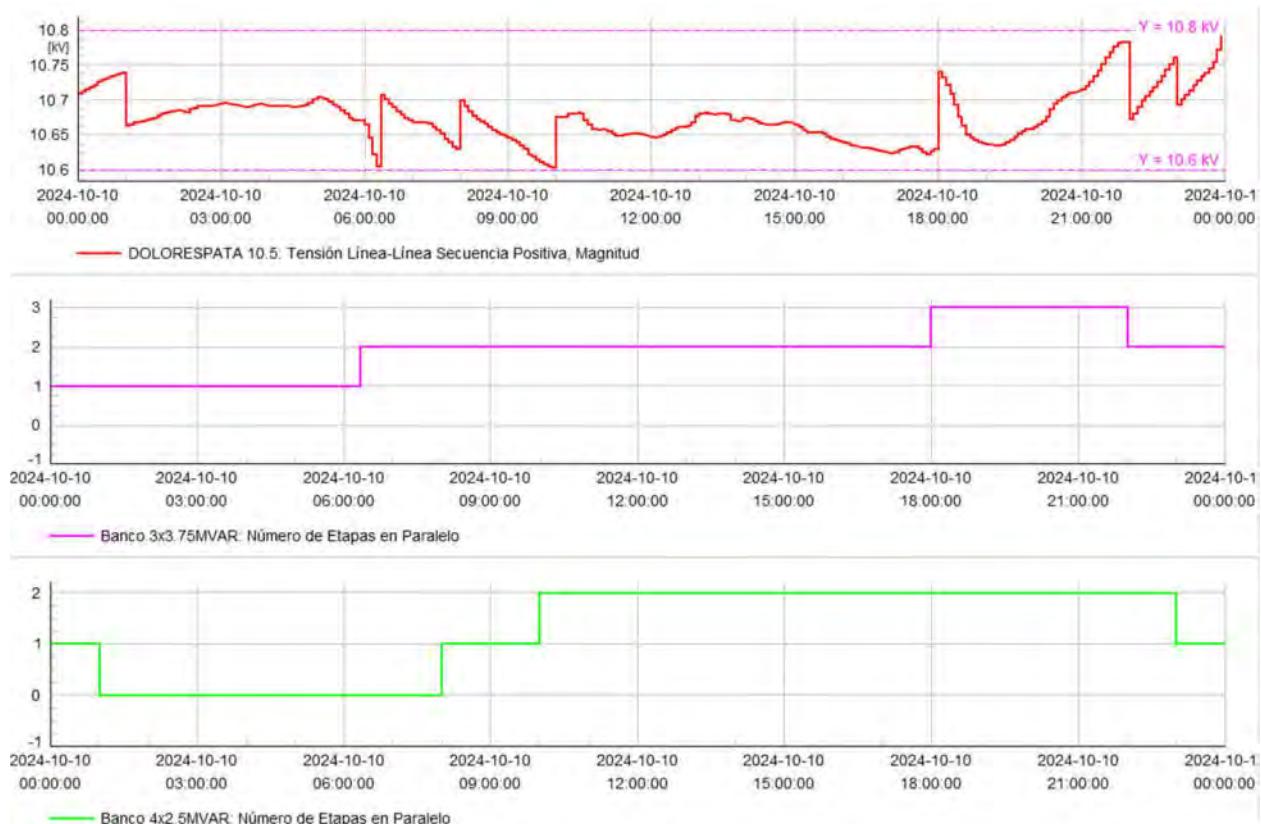


Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.24 muestra conexión y desconexión automática del grupo de bancos de 3.75 Mvar. que realiza un total de 04 operaciones en las 24 horas.

Asimismo, el segundo grupo de bancos de 4x4.25 Mvar. realiza un total de 05 operaciones a lo largo de las 24 horas del día.

Figura 4.24 Esquema de Regulación del Banco N°01 Y Banco N°02– Escenario 03.



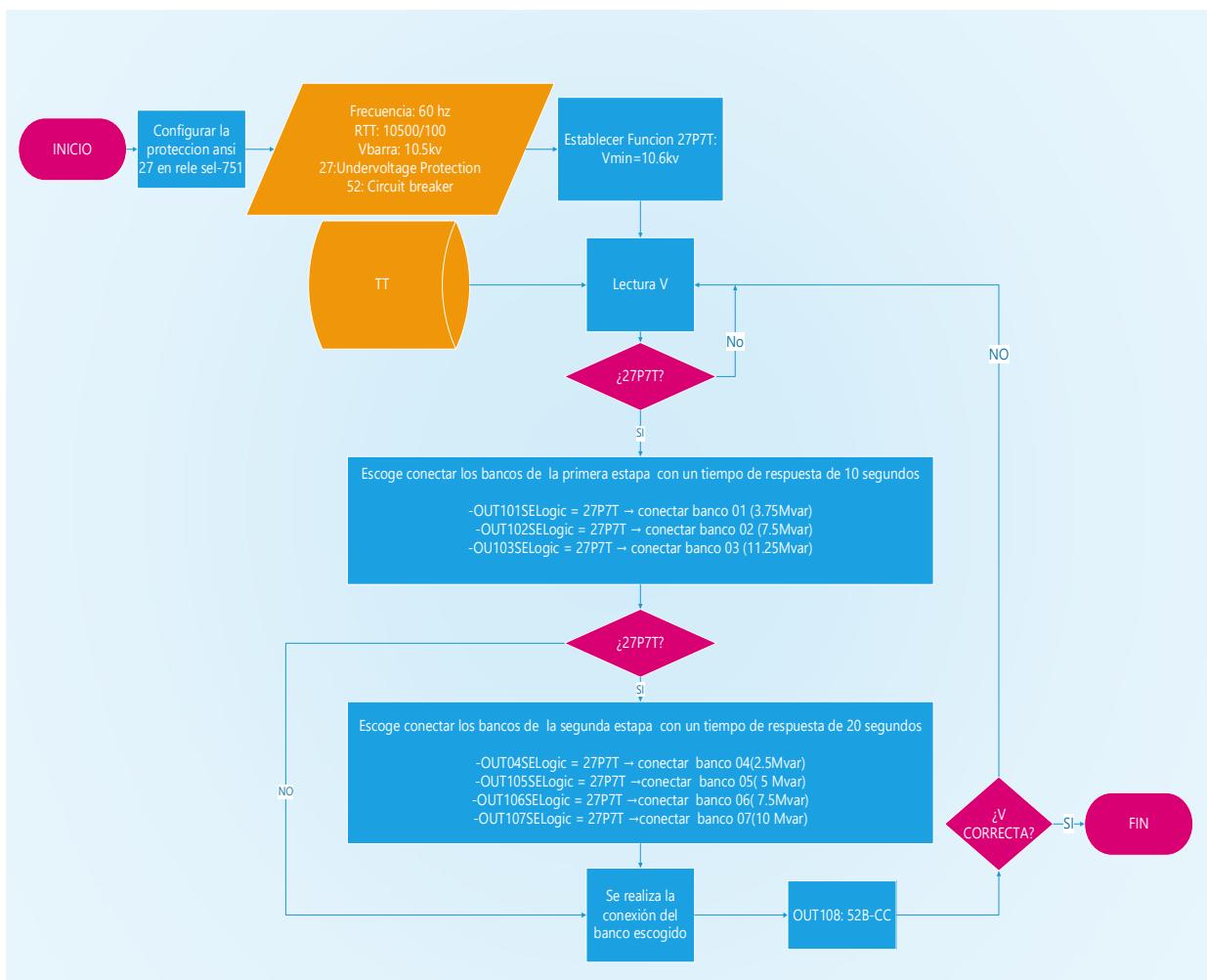
Nota: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en la figura 4.24 muestran que las operaciones automáticas en los bancos de 4x2.5 MVAR. y 3.75 MVAR. son mucho más estables y en menor número de operaciones que en los 02 escenarios anteriores. Por lo que concluimos que el escenario 03 es el más idóneo para lograr el propósito de una regulación eficaz en la barra de 10.5kv.

4.4.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN LA CABECERA DEL AMT DOLORESPATA N°08.

A continuación se muestra un diagrama de flujo (figura 4.25) que muestra los parámetros de configuración del sistema de control automático para un escenario de subtensión con la función ANSI 27 del Relé SEL-751 de acuerdo a la configuración del escenario más idóneo seleccionado (escenario 3), parámetros de tensión y su lógica de funcionamiento

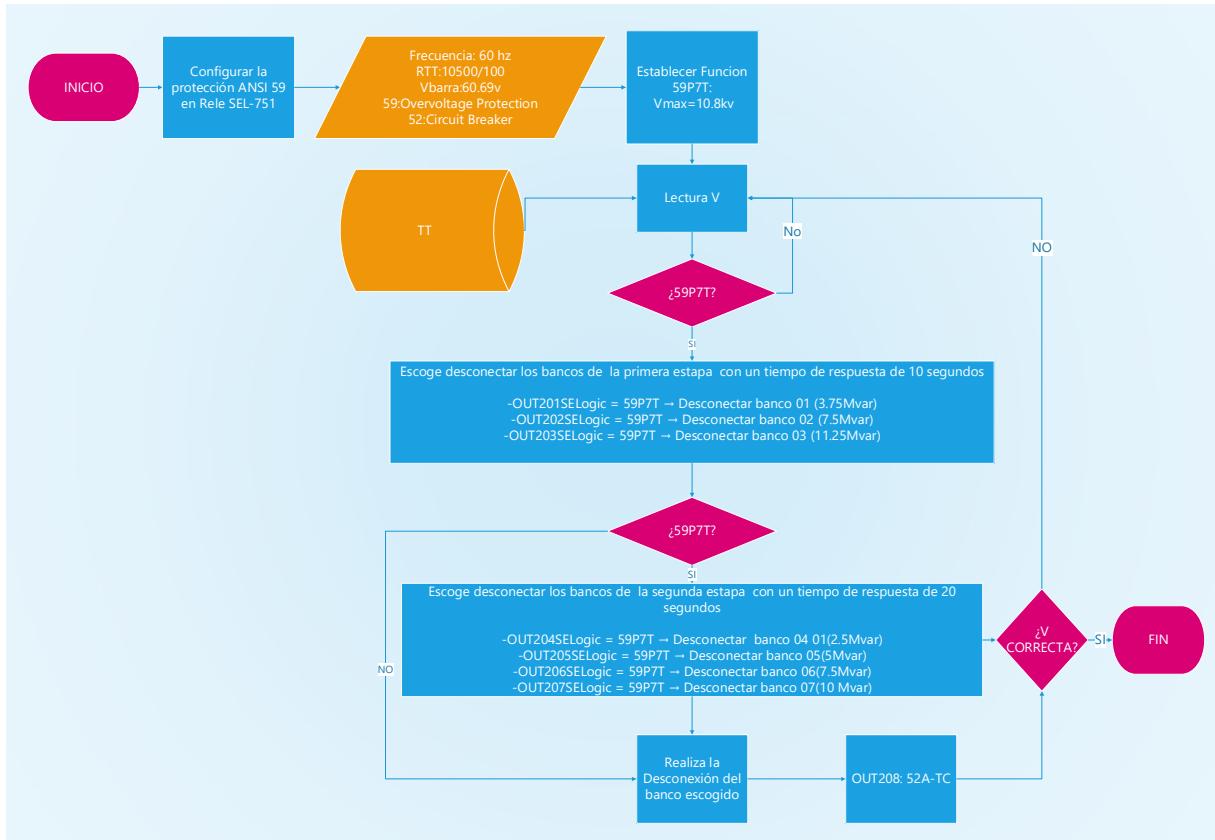
Figura 4.25 Configuración de la Protección de Subtensión (ANSI 27)



Nota: Elaboración Propia.

La figura 4.26 muestra un diagrama de flujo que muestra los parámetros de configuración del sistema de control automático para un escenario de sobretensión la función ANSI 59 del Relé SEL-751 de acuerdo a la configuración del escenario más idóneo seleccionado (escenario 03), parámetros de tensión y su lógica de funcionamiento

Figura 4.26 Configuración de la Protección de SobretenSIón (ANSI 59)



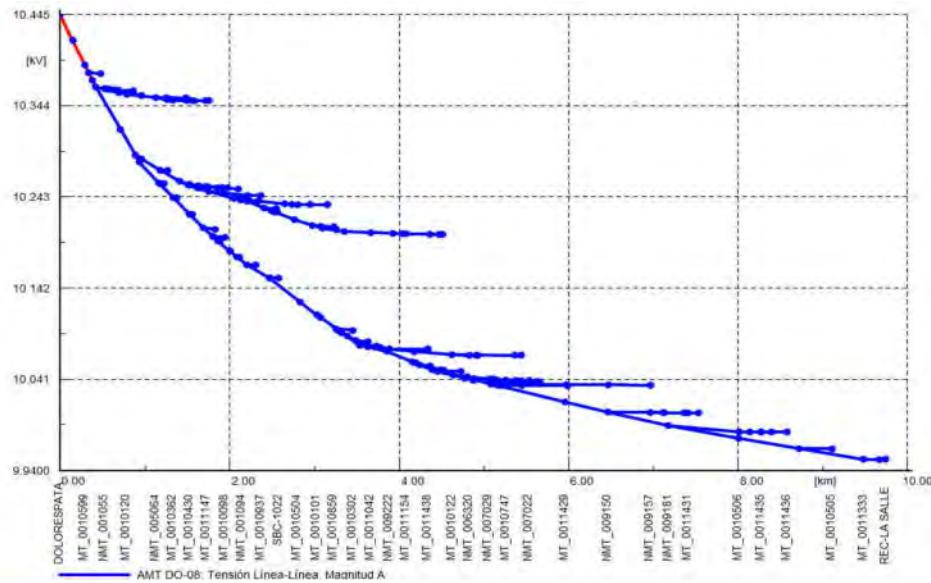
Nota: Elaboración Propia.

4.5 REGULACIÓN DESDE EL CENTRO DE CARGA HASTA EL FIN DE LÍNEA

En la actualidad, el AMT DOLORESPATA N°08 no cuenta con un sistema de regulación tensión que alivie la caída de tensión natural provocada por la carga de los clientes regulados instalados a lo largo de su recorrido. Esta condición determina que haya una diferencia significativa entre la magnitud de tensión de la cabecera, centro de carga y fin de línea., así bien

es cierto la regulación automática de tensión en la cabecera del alimentador (barra de 10.5kv) alivia los problemas de tensión en la barra y la primera mitad del alimentador, estos no son suficientes para aliviar los problemas en el fin de la línea del alimentador.

Figura 4.27 Caída de tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración Propia

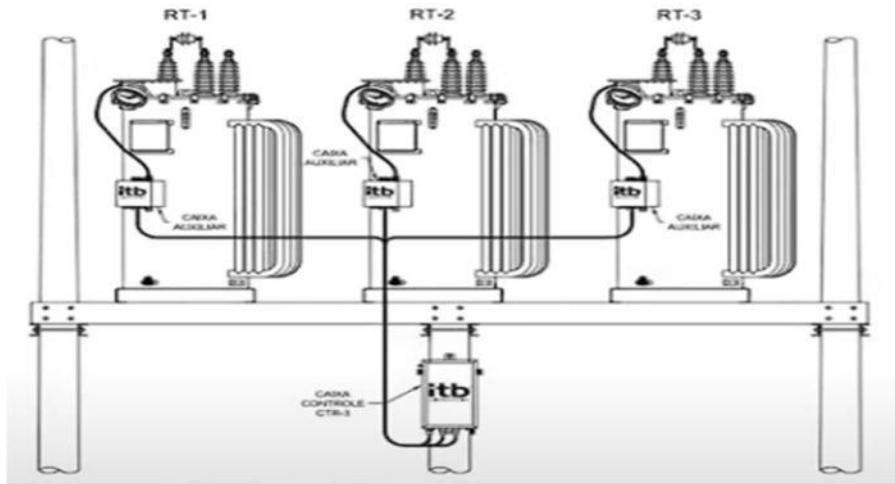
Por lo expuesto, se plantea implementar un banco de 03 autotransformadores monofásicos de control automático de tensión ubicado en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08; que regule la tensión de salida a un valor predeterminado y que, por medio de su configuración, entregue valores de tensión aceptables desde el centro de carga hasta el fin de línea. Tal sistema de regulación necesita de una infraestructura y características mínimas requeridas, presentadas a continuación:

- 01 banco de 03 autotransformadores monofásicos de regulación de tensión bajo carga.
- 01 tableros de Control (que controle los 03 autotransformadores).

- 03 seccionadores de Línea (01 para cada fase).

Se recomienda la utilización de bancos de autotransformadores y controlador modelo CTR-3 de la marca ITB equipamientos eléctricos, así mismo se presenta su datasheet (ficha técnica) que valida el requerimiento descrito anteriormente.

Figura 4.28 Banco de regulador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos.



Nota: ITB Equipamientos eléctricos.

Figura 4.29 Datasheet del regulador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos.

Características técnicas:

- Rango de potencia de 38 a 1000 kVA.
- Cumple con las normas ABNT NBR 11809, IEC 60076 o IEEE C57.15.
- Tensiones primarias hasta 36,2 kV.
- Corrientes nominales hasta 668 A.
- Rango de regulación de +/- 10% de la tensión nominal.
- Fluido aislante de origen mineral o vegetal FR3.
- Dispositivo de alivio de presión.
- Aumento de temperatura del bobinado de 55 °C.
- Bobinados de aluminio y cobre.
- Frecuencia nominal de 50 o 60 Hz.
- Cambiador de tomas bajo carga, tipo accionamiento por resorte.
- Indicador de posición mecánico fabricado en aluminio.
- Visualización del nivel de aceite.
- Pararrayos tipo bypass de 3 o 6 kV.
- Medición por TC.
- Soportes para instalación en postes o plataformas.
- Control CTR-2 (individual).

Características opcionales:

- Accesorios especiales para monitoreo y protección.
- Sistema de pintura para ambientes agresivos.
- Pararrayos paralelos poliméricos.
- Soportes para pararrayos galvanizados.
- Caja auxiliar con base circular estandarizada.
- Terminales NEMA de 4 orificios o tipo especial NEMA.
- Control CTR-3 (para bancos de reguladores de voltaje).
- Otras características especiales o personalizaciones a pedido.

Nota: ITB Equipamientos eléctricos

Figura 4.30 Autotransformador de tensión monofásico ITB Equipamientos eléctricos



Nota: ITB Equipamientos eléctricos

Figura 4.31 Datasheet del Controlador CTR-3 ITB Equipamientos Eléctricos.

Características técnicas:

- Cables de 5 metros de longitud para interconexión con reguladores.
- Interruptores de cuchilla para cortocircuitar el TC.
- Interruptores manuales para el funcionamiento del motor.
- Cinco modos de regulación.
- Compartimento para instalación de radio/módem.
- Pantalla de 20x4 dígitos con retroiluminación.
- Función de auditoría de toque.
- Función de diferencia fija para el maestro cuando está en modo trifásico.
- Función de grado de libertad (para regulación monofásica libre).
- Interfaz de conexión estandarizada (pinout estándar del 1 al 10).
- Carcasa con índice de protección IP54 e IK9.
- Carcasa fabricada en acero al carbono.
- Nueve modos de tratamiento de flujo de potencia.
- Protocolo de comunicación DNP3.0 nivel 2 con posibilidad de reasignación de puntos.
- Previsión de tendido de cables para automatización.
- Selector de cierre de luz de neutro a fase o neutro.
- Sensor de corriente del motor.
- Sistema stand-by para preservar la vida de la pantalla y reducir el consumo.
- Software gratuito para parametrización y captura de registros (memoria masiva).
- Soporte para fijación al depósito o poste.
- Teclado numérico para ajuste rápido.
- Toma de corriente de 90 a 145Vac.
- Tres entradas digitales y puntos DNP3.0 disponibles para enviar mensajes al sistema de supervisión.
- Tres puertos de comunicación simultáneos.
- Tres salidas lógicas programables.

Nota: ITB Equipamientos Eléctricos.

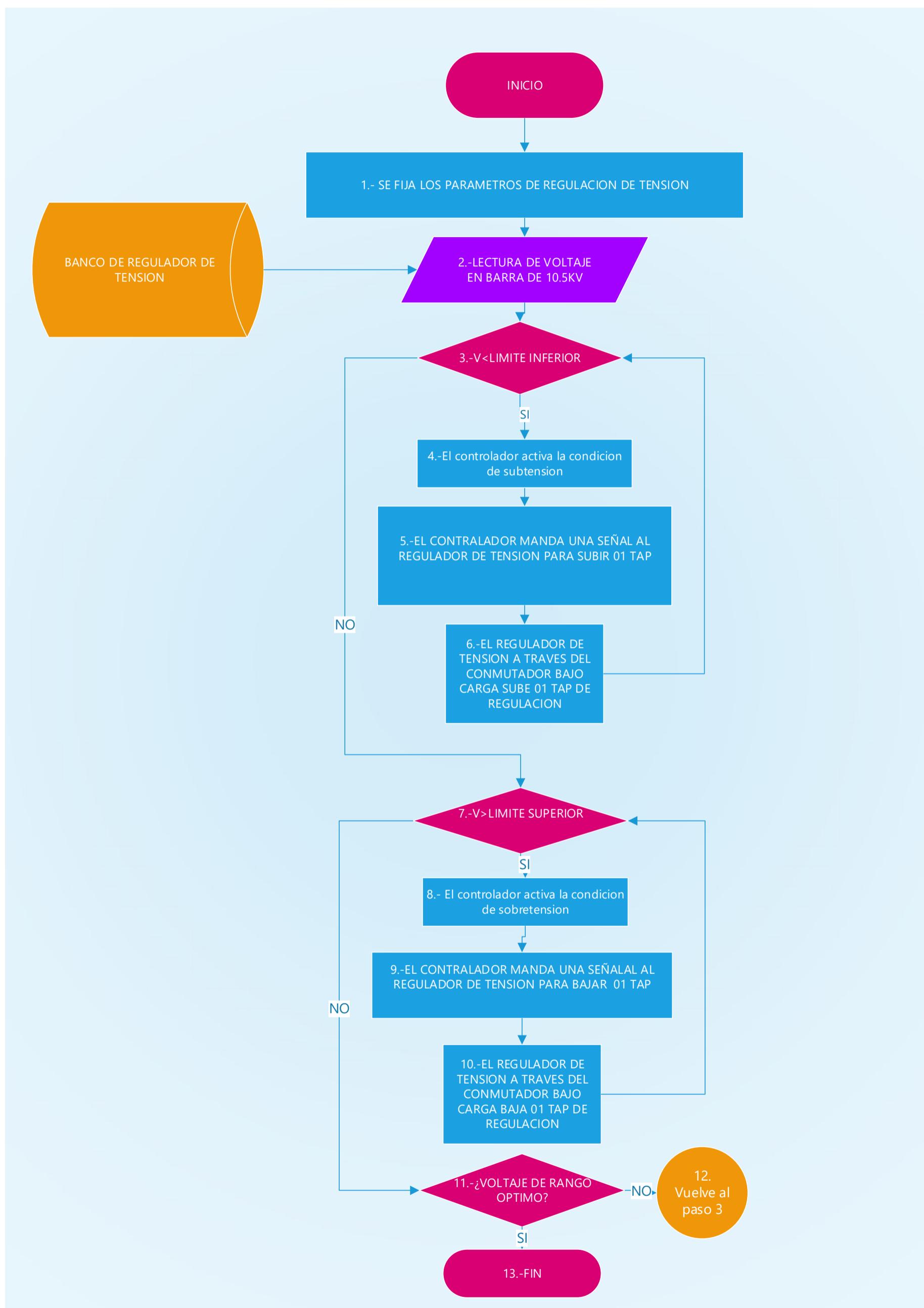
Figura 4.32 Control de banco de reguladores de tensión modelo CTR-3



Nota: ITB Equipamientos Eléctricos.

Por último, se presenta el diagrama de flujo que describe el proceso de regulación de la tensión de salida de los 03 autotransformadores instalados en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08 por medio de la conmutación de sus taps (amplitud de regulación del $\pm 10\%$ de la tensión de entrada).

Figura 4.33 Proceso de regulación automática en centro de carga.



Nota: elaboración propia

Tabla 4.3 Operación de regulación del autotransformador.

FUENTE/ORIGEN	NRO	Descripción Actividades	Ejecutor de la Actividad
SOFTWARE DE CONTROL	1	SE FIJA LOS PARAMETROS DE REGULACION PARA EL CENTRO DE CARGA DEL AMT DOLORESPATA N°08	PROGRAMADOR
BANCO DE AUTOTRANSFORMADOR MONOFASICO	2	Inicio del proceso de monitoreo y lectura de voltaje recibiendo información del transformador de corriente (TC) del autotransformador	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	3	¿Existen tensiones menores al límite inferior de tensión? Si: Va a la actividad 04 No: Va a la actividad 07	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	4	Se activa la condición de subtensión	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	5	EL controlador detecta la subtension y emite una señal al conmutador bajo carga para subir los taps de regulación hasta un total de 16 posiciones.	CONTROLADOR CTR-3
CONTROLADOR CTR-3	6	El conmutador bajo carga del autotransformador ejecuta la orden subiendo 01 taps en el banco de regulación monofásica	CONMUTADOR BAJO CARGA
FUNCION PROGRAMADA	7	¿Existen tensiones mayores al límite superior de tensión? SI: Va a la actividad 08 NO: Va a la actividad 11	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	8	Se activa la condición de sobretensión	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	9	EL controlador detecta la condición de sobretensión y emite una señal al conmutador bajo carga para bajar los taps de regulación hasta un total de 16 posiciones.	CONTROLADOR CTR-3
CONTROLADOR CTR-3	10	El conmutador bajo carga del autotransformador ejecuta la orden bajando 01 taps en el banco de regulación monofásica	CONMUTADOR BAJO CARGA
FUNCION PROGRAMADA	11	¿Voltaje de rango optimo? Si: Va a la actividad 13 NO: Va a la actividad 12	CONTROLADOR CTR-3
FUNCION PROGRAMADA	12	Vuelve a la actividad 3	CONTROLADOR CTR-3
	13	FIN	

Nota: elaboración propia

4.6 MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICO DE TENSIÓN EN EL CENTRO DE CARGA

Se implementa 03 autotransformadores monofásicos por cada fase para aliviar las caídas de tensión en el fin de línea de MT, que deben tener las siguientes características.

PARÁMETROS DE REGULACIÓN:

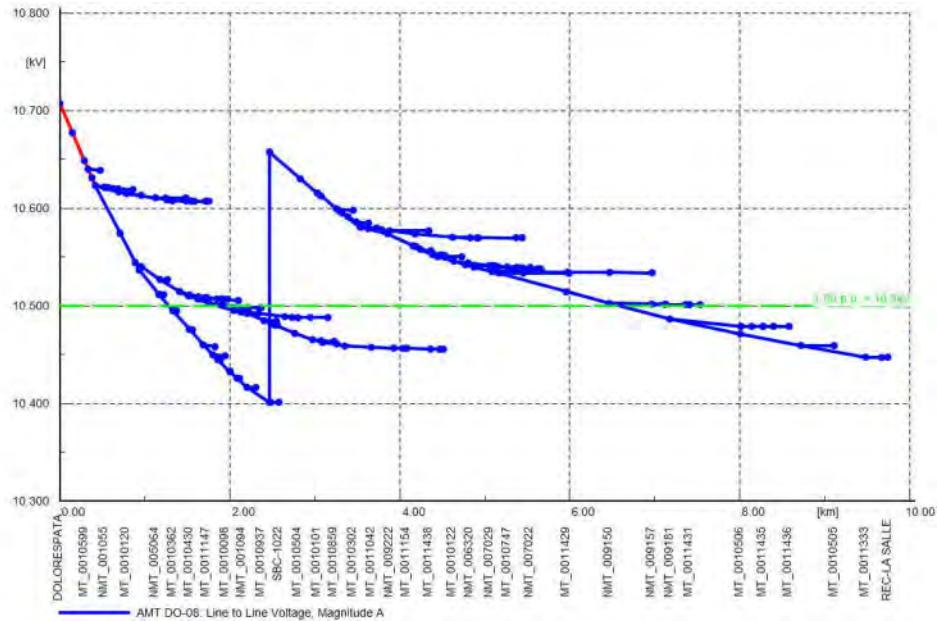
- a) Banco de autotransformadores con regulación automática:
 - Tensión Consigna: 10.7kV (1.019 p.u.).
 - Ancho de Banda: $\pm 0.1\text{kV}$ (Tensión mínima de 10.6kV y Tensión máxima de 10.8kV).
 - Tiempo de Espera: 30 segundos.

Figura 4.34 Parámetros de Configuración en el Modelo de Regulación Automática del Banco de Autotransformadores Monofásicos.

Name	AT_10.5kV_200A_32x0.625		
Type	Type A		
Configuration	Star, 3 x 1-phase		
Rated values for single-phase unit		Tap changer	
Nominal frequency	60. Hz	Voltage regulation range (+/-)	10. %
Rated voltage	6.06936 kV	Additional voltage per tap	0.625 %
Rated current	200. A	Neutral position	0
Rated power	121.3872 kVA	Minimum position	-16
Circuit base power	1213.872 kVA	Maximum position	16
General Controlador			
Controlador, cambiador de taps			
<input checked="" type="checkbox"/> Cambio automático de taps			
Cambiador de taps	discreto	Fase	a
Valor de referencia de la tensión	1.019 p.u.	Límite inferior	1.0095 p.u.
Constante de tiempo del controlador	30. s	Límite superior	1.0285 p.u.
Compensación de caída de línea (ninguna)			

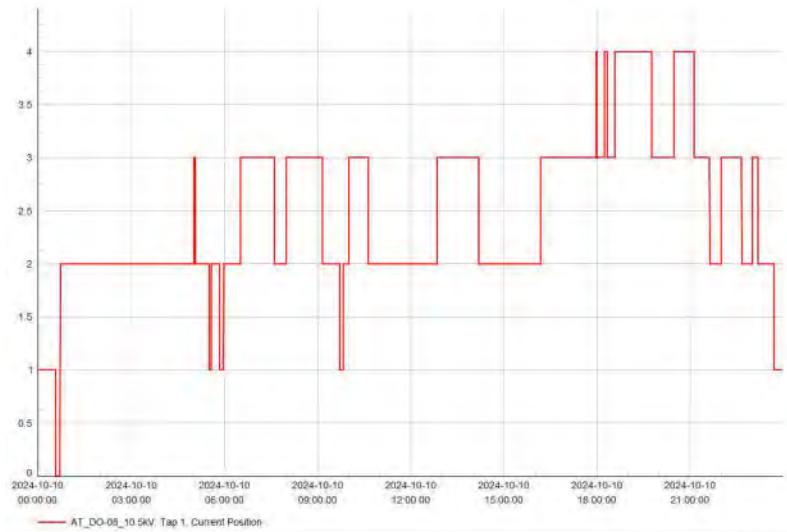
Nota: Elaboración Propia.

Figura 4.35 Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario 04.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 4.36 Esquema de Regulación del Banco de Autotransformadores – Escenario 04.



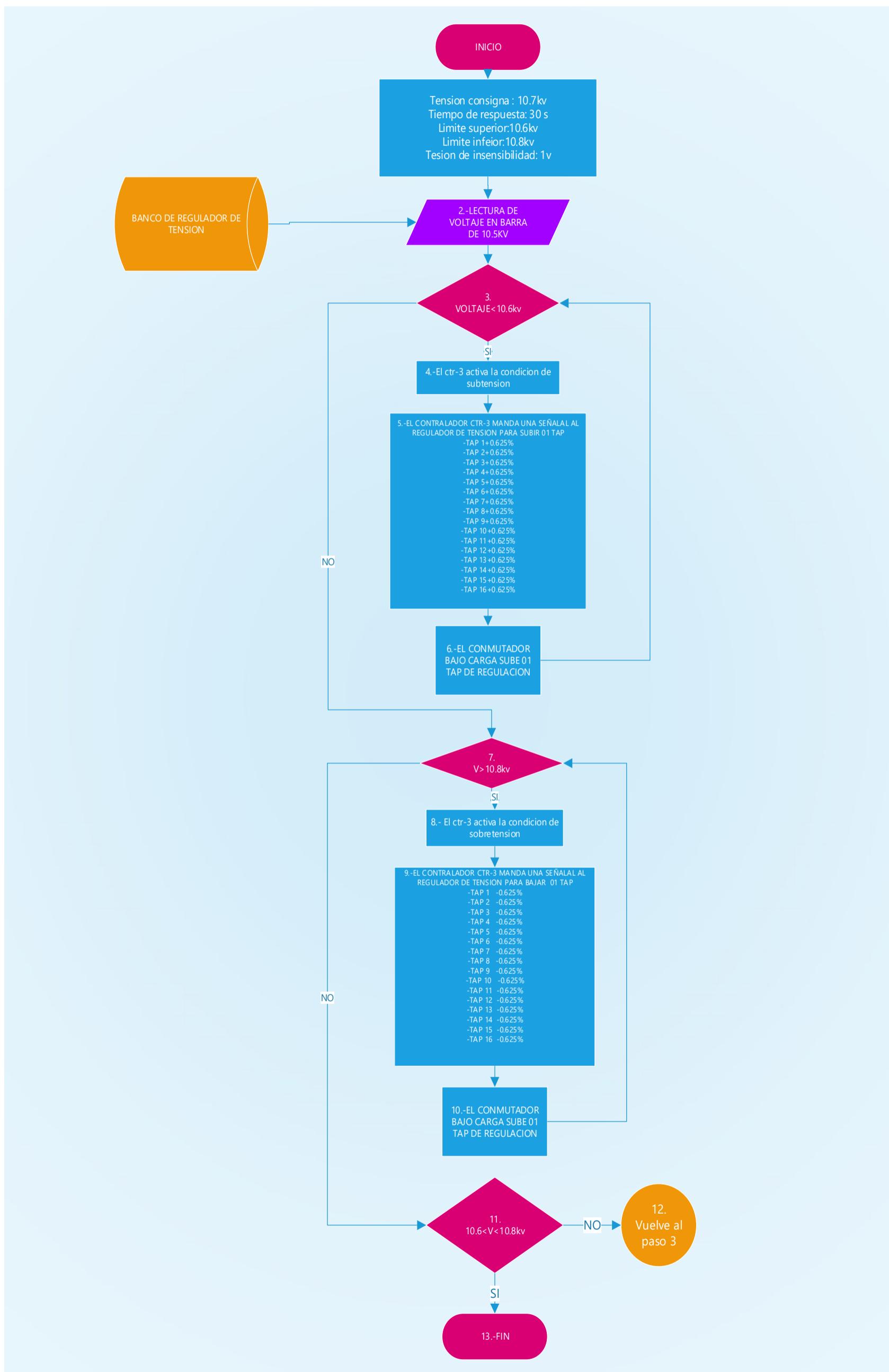
Nota: Elaboración Propia.

Los resultados de la regulación de tensión en el centro de carga presentan el desempeño esperado para el sistema en estudio en el tramo final del AMT DOLORESPATA N°08, la figura 4.35 muestra una subida de tensión en centro de carga de 10.39 kv. hasta 10.7kv., aliviando de esta forma las caídas de tensión en cola del alimentador.

4.6.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TENSIÓN PARA EL CENTRO DE CARGA Y FIN DE LÍNEA DEL AMT DOLORESPATA N°08.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo (figura 4.37) que detalla los parámetros de configuración del sistema de control automático de tensión mediante autotransformador ITB Equipamientos eléctricos con su controlador modelo CTR-3, diseñado para su instalación en el centro de carga del alimentador DOLORESPATA N°08. Este sistema actúa corrigiendo desviaciones de tensión a través del ajuste automático de tomas (taps) bajo carga. En el diagrama se representan los umbrales de tensión configurados, los tiempos de retardo entre maniobras y la lógica de regulación adoptada para mantener el nivel de tensión dentro del rango óptimo definido, conforme a las condiciones del modelamiento.

Figura 4.37 Parámetros de configuración para los tableros de control del autotransformador

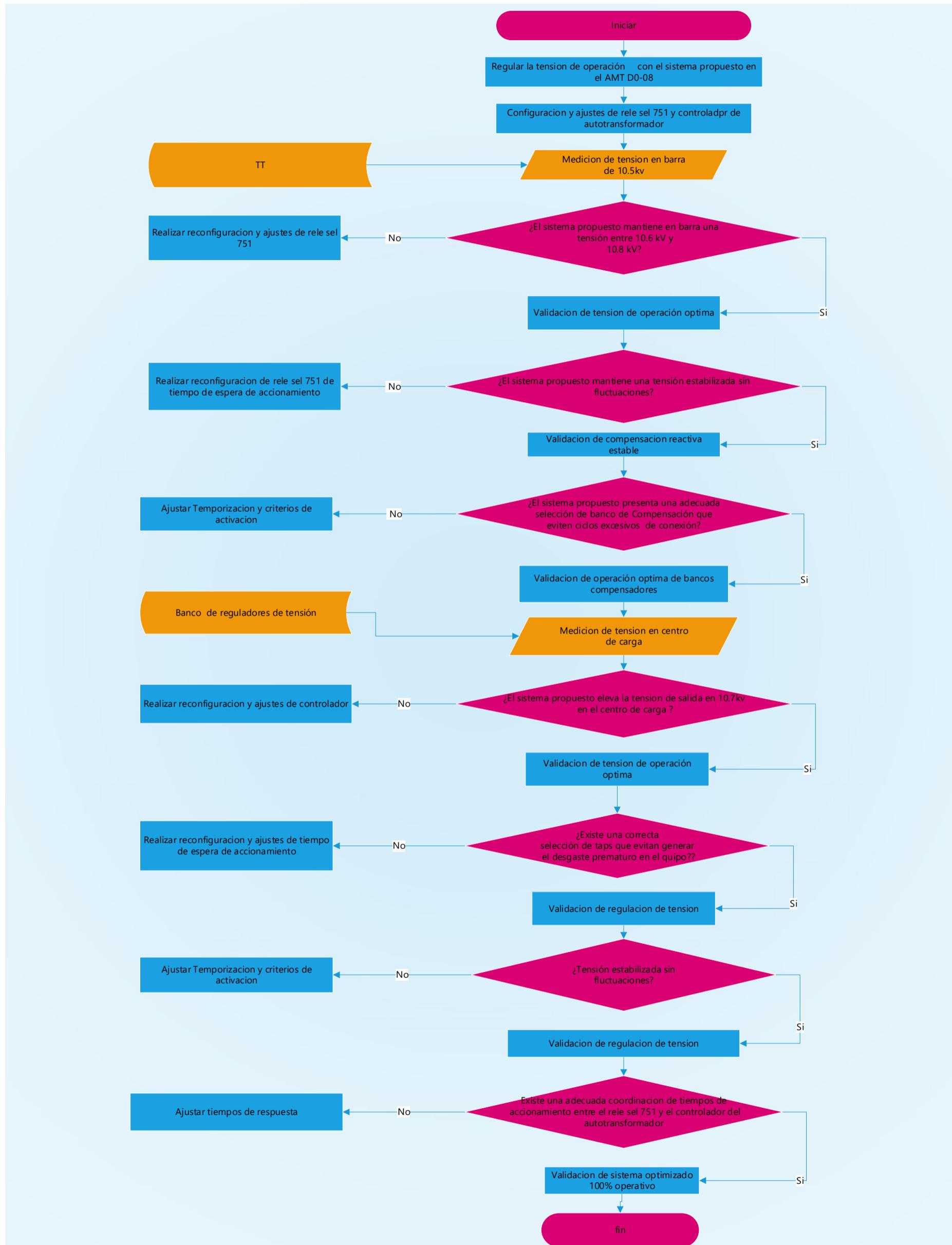


Nota: Elaboración Propia

4.6.2 REGULACIÓN AUTOMÁTICA DEL SISTEMA PROPUESTO.

A continuación, se describe el funcionamiento del sistema regulación propuesto.

Figura 4.38 Diagrama de flujo del sistema de regulación automática propuesto.



Nota: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DEL PERFORMANCE DEL SISTEMA DE REGULACIÓN PROPUESTO.

5.1 INTRODUCCIÓN

El capítulo anterior presenta los parámetros de configuración ideales para los 02 mecanismos de regulación automática de tensión propuestos; antes de su implementación, es necesario evaluar por medio de simulaciones el performance de este sistema (bancos de compensación y autotransformadores) en todos los escenarios de operación posibles, así como su comportamiento ante el eventual crecimiento de la demanda de los próximos años. Por último, se debe de estimar la mejora para los indicadores de calidad de tensión.

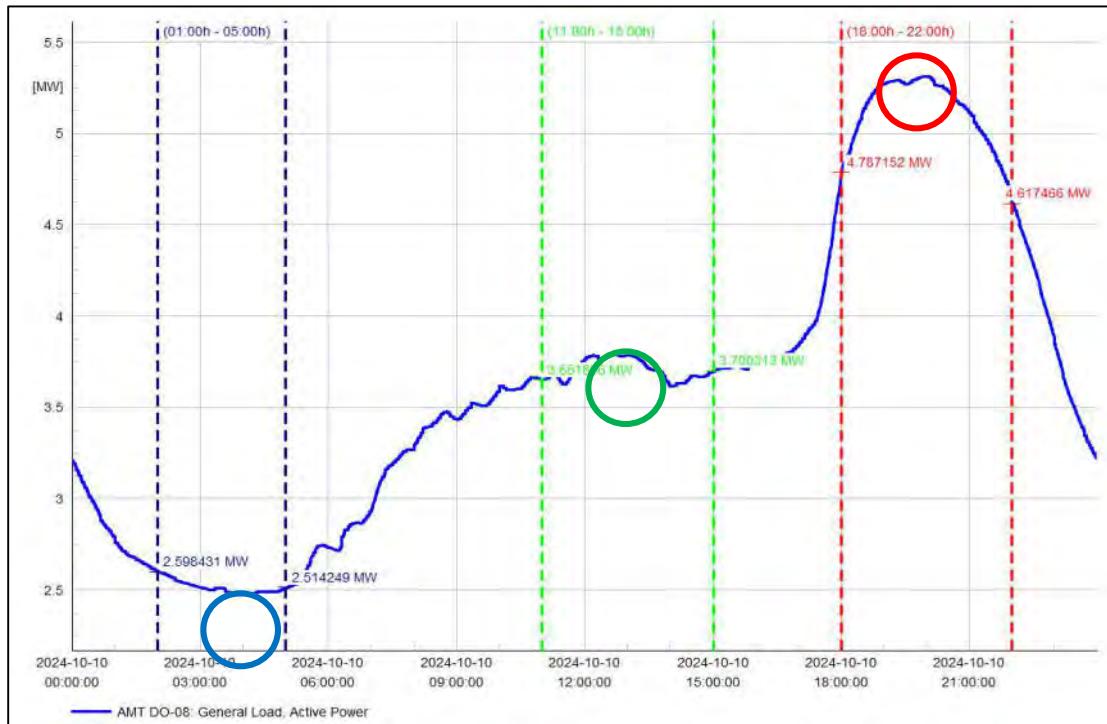
Se realizará simulaciones de flujo de carga en el dominio del tiempo (cuasi dinámicas) variando la demanda de las cargas cada 15 minutos y se evaluarán los perfiles de tensión, diagramas de carga, esquemas de conexión y desconexión de los bancos de compensación reactiva y la conmutación del banco de autotransformadores. Estos resultados permitirán estimar los nuevos indicadores de calidad de tensión.

5.2 OPERACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE DEL AMT DOLORESPATA N°08 CON LA INCORPORACIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA.

La curva de demanda típica del AMT DOLORESPATA N°08 permitirá identificar los horarios más representativos en cada uno de los escenarios de operación (mínima demanda, media demanda y máxima demanda); para posteriormente evaluar el performance de la propuesta en las condiciones más críticas.

La figura 5.1 identifica a través de los círculos de color azul, verde y rojo los escenarios de mínima demanda, media demanda y máxima demanda respectivamente a lo largo de las 24 horas de un día típico de demanda del AMT DOLORESPATA N°08.

Figura 5.1 Diagrama de Carga Típico del AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración Propia

Se identificó los valores máximos y mínimos de cada escenario de operación (Figura 5.1), siendo estos:

Tabla 5.1 Valores Límites en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08.

Horario y Potencia	Escenario de Demanda	Tipo de Medición Escenario de Operación
04:08h 2.47MW	Minima Demanda (00:00 – 04:00)	Valor minino del intervalo evaluado Escenario “A”
12:37h 3.79MW	Media Demanda (11:00 – 15:00)	Valor Medio del Intervalo Evaluado Escenario “B”
19:59 5.31MW	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	Valor Máximo del Intervalo Evaluado Escenario “C”

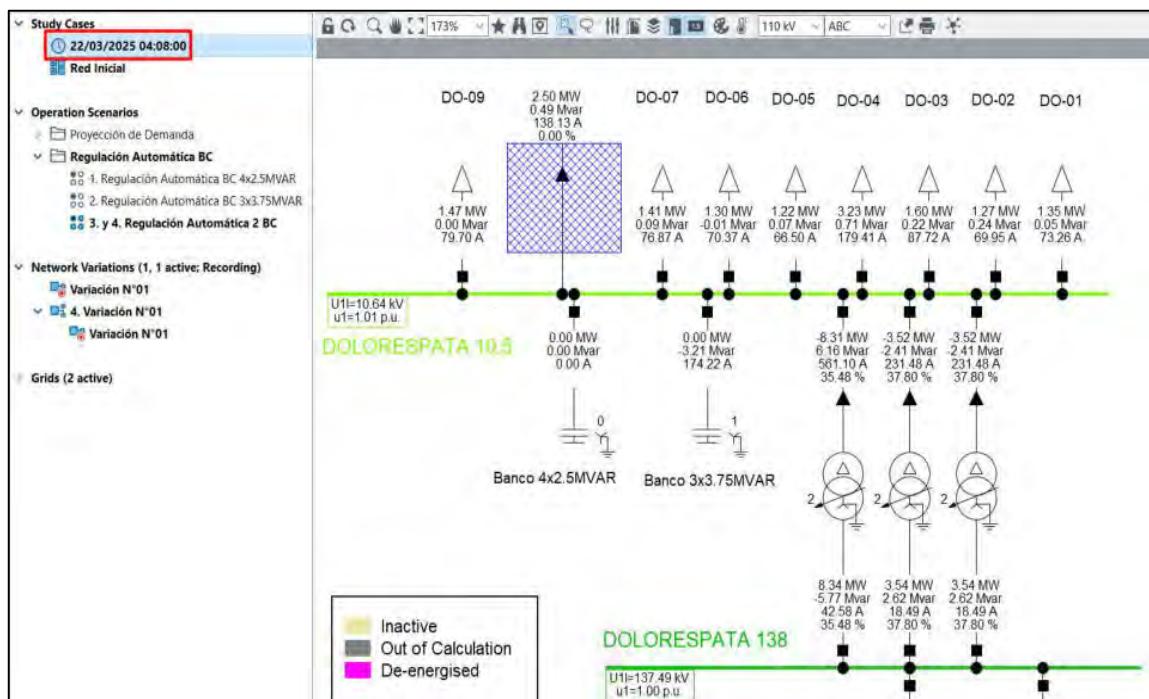
Nota: Elaboración Propia.

5.2.1 EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “A”.

El escenario “A” está determinado por el mínimo valor de demanda en la curva típica del AMT DOLORESPATA N°08, en la situación actual (sin mecanismos de regulación de tensión) se espera una condición de sobretensión para todo el recorrido del AMT DOLORESPATA N°08, sin embargo, la incorporación de la alternativa propuesta permite que no haya transgresiones a los límites de la NTCSE, es más, la desviación de los valores nominales es como máximo del 2% (positivo) y del 1% (negativo).

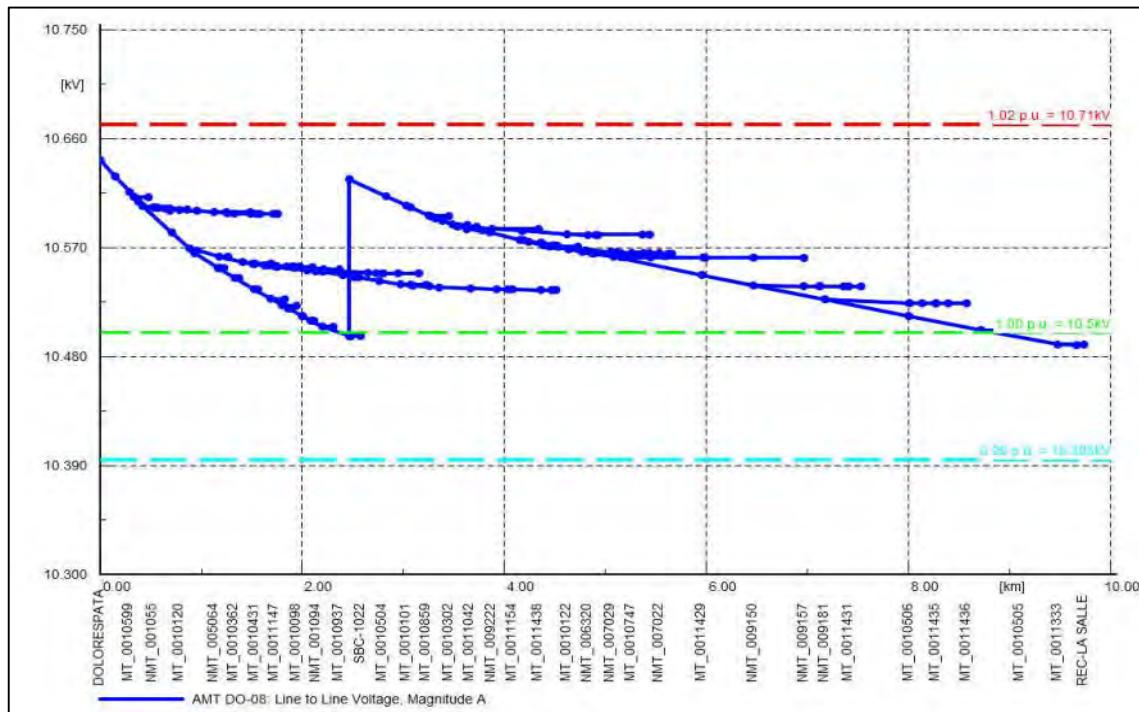
Adicionalmente, el banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) se encuentra en la posición “0”, el banco N° 02 (03 x 3.75MVAR) se encuentra en la posición “1” y el autotransformador ubicado en la troncal del AMT DOLORESPATA N°08 se encuentra en la posición “2”; evidenciando el correcto funcionamiento del sistema de regulación y la reserva ante un eventual crecimiento de demanda.

Figura 5.2 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “A”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.3 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “A”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.4 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “A”.



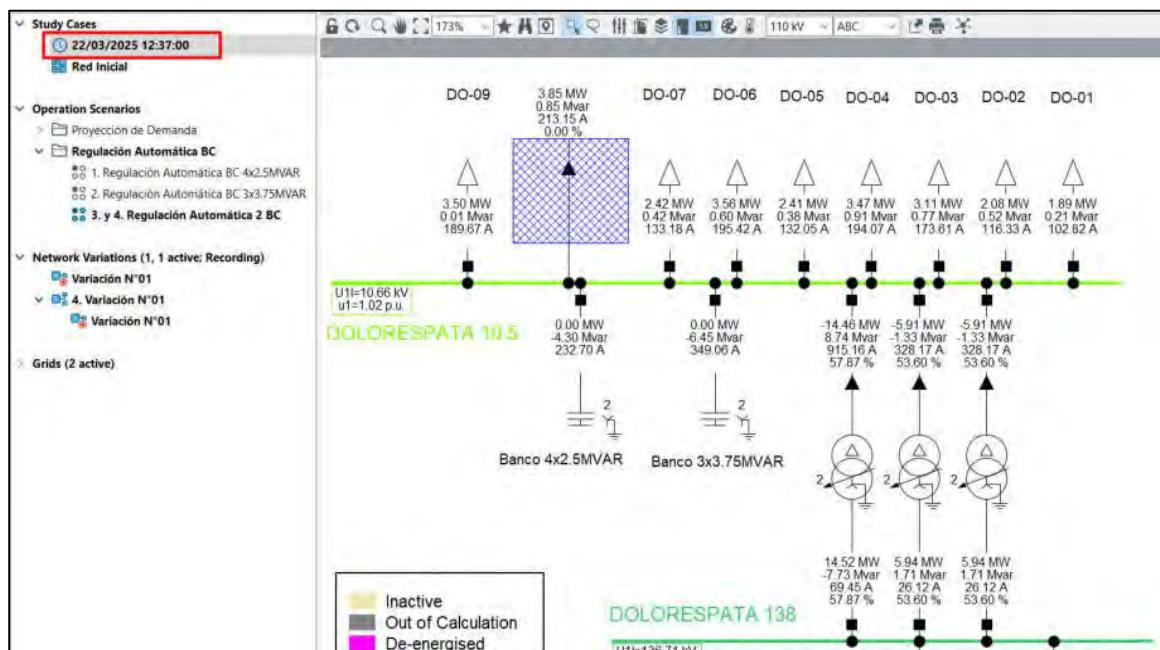
Nota: Elaboración Propia.

5.2.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “B”.

El escenario “B” está determinado por el valor medio de demanda en la curva típica del AMT DOLORESPATA N°08, en la situación actual (sin mecanismos de regulación de tensión) se esperan desviaciones significativas de tensión para todo el recorrido del AMT DOLORESPATA N°08 debido a la distribución de carga, sin embargo, la incorporación de la alternativa propuesta permite que no haya transgresiones a los límites de la NTCSE, es más, la desviación de los valores nominales es como máximo del 2% (positivo) y del 1% (negativo).

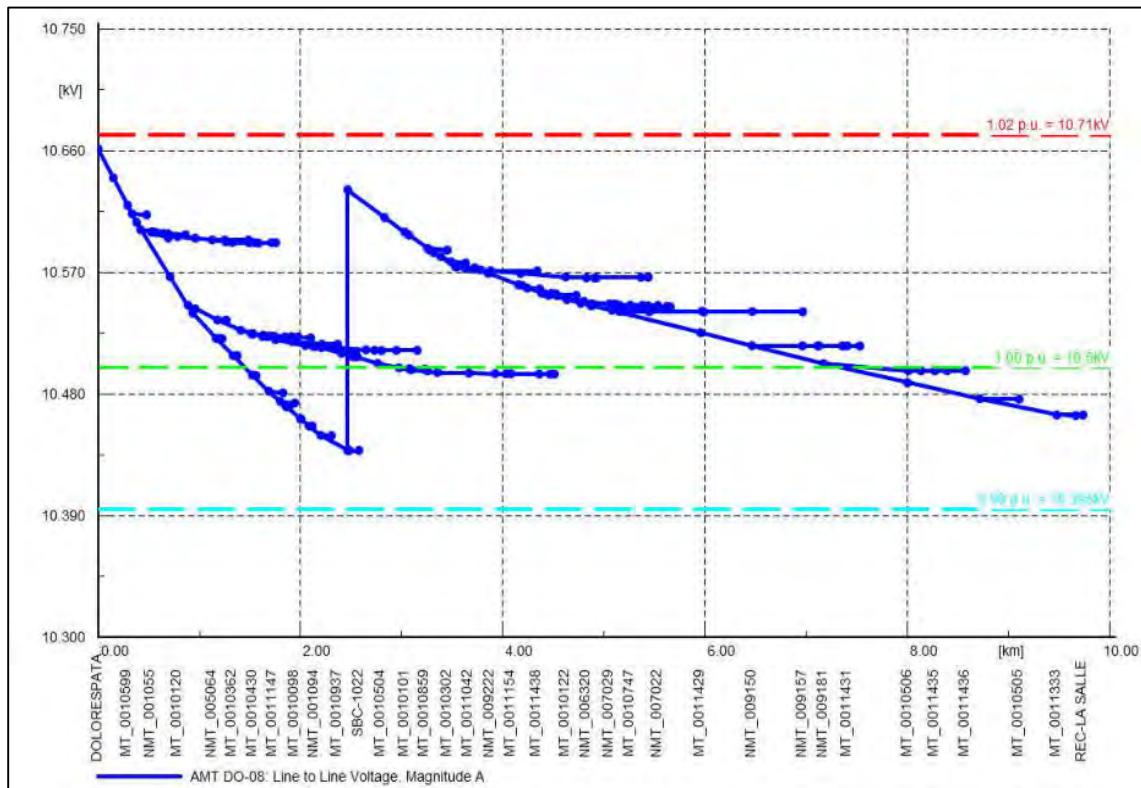
Adicionalmente, el banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) se encuentra en la posición “2”, el banco N° 02 (03 x 3.75MVAR) se encuentra en la posición “2” y el autotransformador ubicado en la troncal del AMT DOLORESPATA N°08 se encuentra en la posición “3”; evidenciando el correcto funcionamiento del sistema de regulación y la reserva ante un eventual crecimiento de demanda.

Figura 5.5 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “B”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.6 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “B”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.7 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “B”.



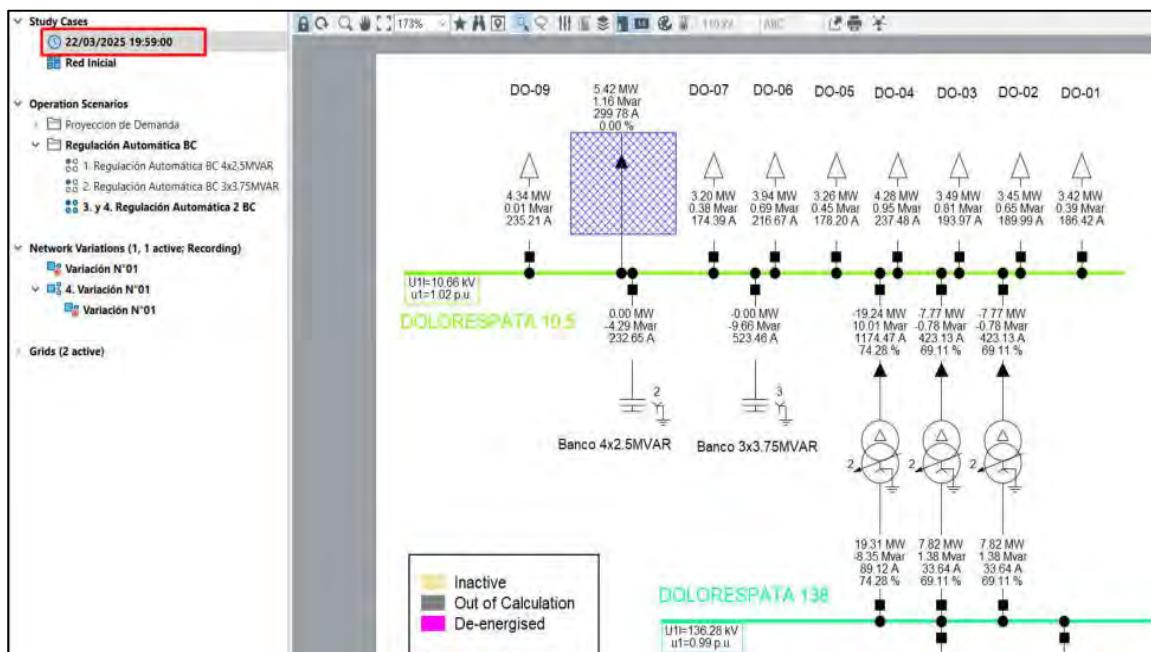
Nota: Elaboración Propia.

5.2.3 EVALUACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO “C”.

El escenario “C” está determinado por el máximo valor de demanda esperado en la curva típica del AMT DOLORESPATA N°08, en la situación actual (sin mecanismos de regulación de tensión) se espera una condición de subtensión para un porcentaje significativo del recorrido del AMT DOLORESPATA N°08, sin embargo, la incorporación de la alternativa propuesta permite que no haya transgresiones a los límites de la NTCSE, es más, la desviación de los valores nominales es como máximo del 2% (positivo) y del 1.5% (negativo).

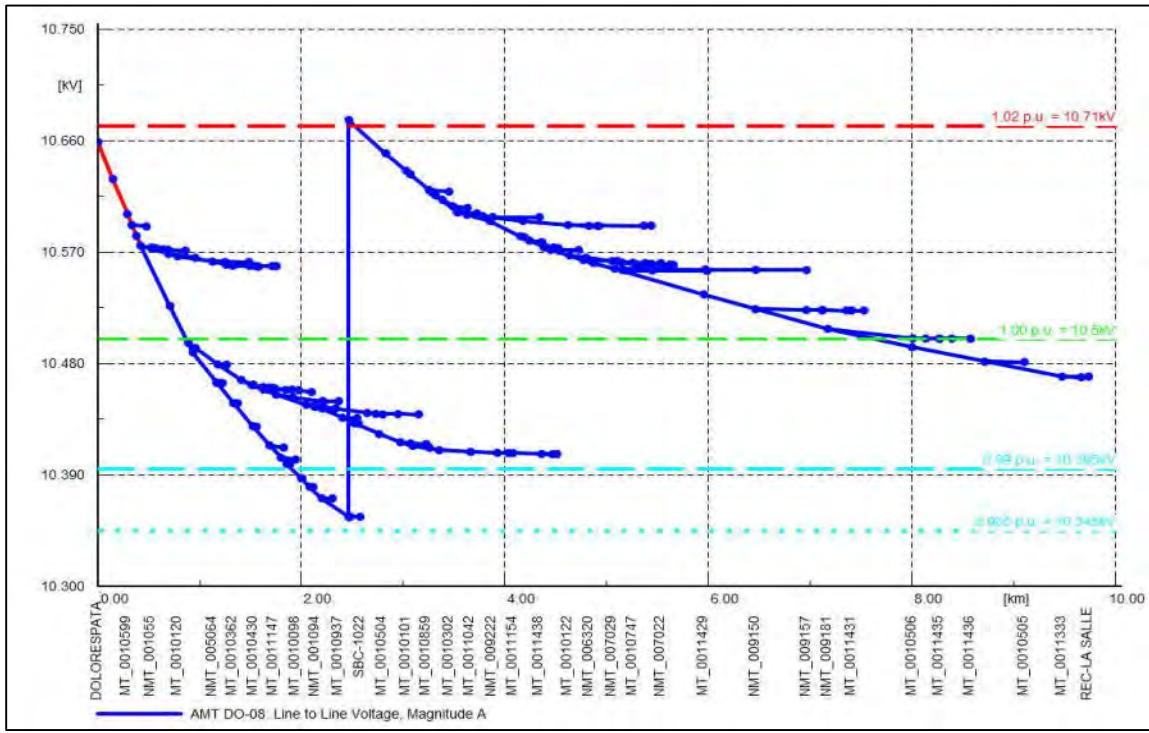
Adicionalmente, el banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) se encuentra en la posición “2”, el banco N° 02 (03 x 3.75MVAR) se encuentra en la posición “3” y el autotransformador ubicado en la troncal del AMT DOLORESPATA N°08 se encuentra en la posición “5”; evidenciando el correcto funcionamiento del sistema de regulación y la reserva ante un eventual crecimiento de demanda.

Figura 5.8 Tensión de la barra de 10.5kV de Dolorespata – Escenario “C”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.9 Caída de Tensión a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “C”.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.10 Mapa de Calor (Tensión) a lo largo del AMT DOLORESPATA N°08 – Escenario “C”.



Nota: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en la evaluación de los escenarios “A”, “B” y “C” concluyen que el mecanismo de regulación propuesto presenta un desempeño adecuado y garantiza que los niveles de tensión a lo largo de todo el AMT DOLORESPATA N°08 se mantengan dentro de lo establecido por la NTCSE con desviaciones de hasta el 2% de los valores nominales.

Las figuras 5.4, 5.7 y 5.10 muestran mapas de calor que representan por tonalidades de colores las caídas de tensión a lo largo del todo el alimentador, mostrando de manera gráfica que las tensiones se mantienen uniformes sin transgredir la NTCSE (color verde).

Tabla 5.2 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08.

Horario y Potencia	Escenario de Demanda	Tap del Banco N° 01 (04 x 2.5MVAR)	Tap del Banco N° 02 (03 x 3.75MVAR)	Tap del AT (-16 a +16)	Tensión Máxima (kV)	Tensión Minima (kV)	¿Transgresión de Tolerancias?
04:08h 2.47MW	Minima Demanda (01:00 – 04:00)	0	1	+2	10.642 1.013 p.u.	10.49 0.999 p.u.	No
12:37h 3.79MW	Media Demanda (11:00 – 15:00)	2	2	+3	10.660 1.015 p.u.	10.438 0.994 p.u.	No
19:59 5.31MW	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	2	3	+5	10.676 1.016 p.u.	10.356 0.986 p.u.	No

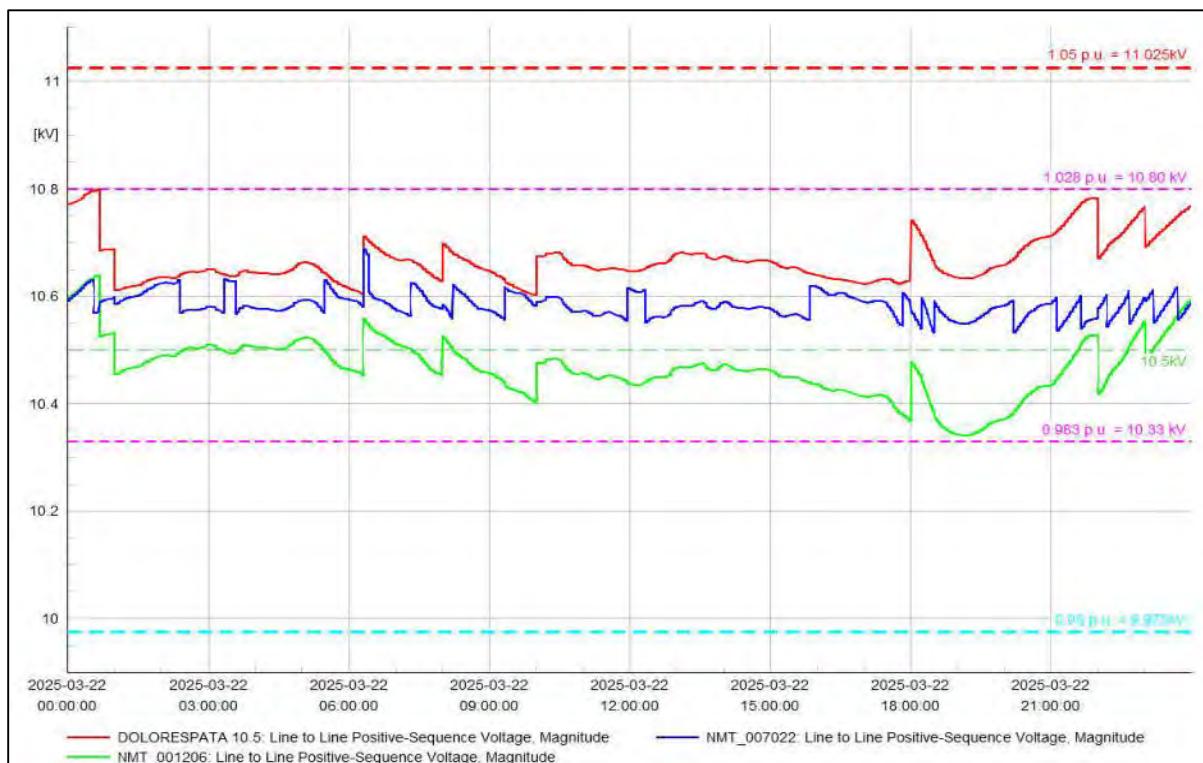
Nota: Elaboración Propia.

Así mismo, debido a que los escenarios evaluados son los más críticos, podemos inferir que cualquier otro escenario de operación en régimen permanente para el AMT DOLORESPATA N°08 podrá ser regulado por medio del mecanismo propuesto. Las figuras 5.11 y 5.12 muestran el resultado de los perfiles de tensión en 03 puntos del AMT DOLORESPATA N°08: Cabecera (S.E. Dolorespata), NMT001206 (Centro del recorrido del AMT DOLORESPATA N°08) y NMT007022 (Última estructura del AMT DOLORESPATA N°08); donde se visualiza que a lo largo de un día típico del año 2025, los valores de tensión se mantienen dentro de las tolerancias establecidas por la NTCSE y con una desviación límite de 3% por encima del valor nominal y de

2% por debajo del valor nominal; garantizando así la reducción de los indicadores de calidad de producto por medio de la incorporación del sistema automático de regulación de tensión propuesto.

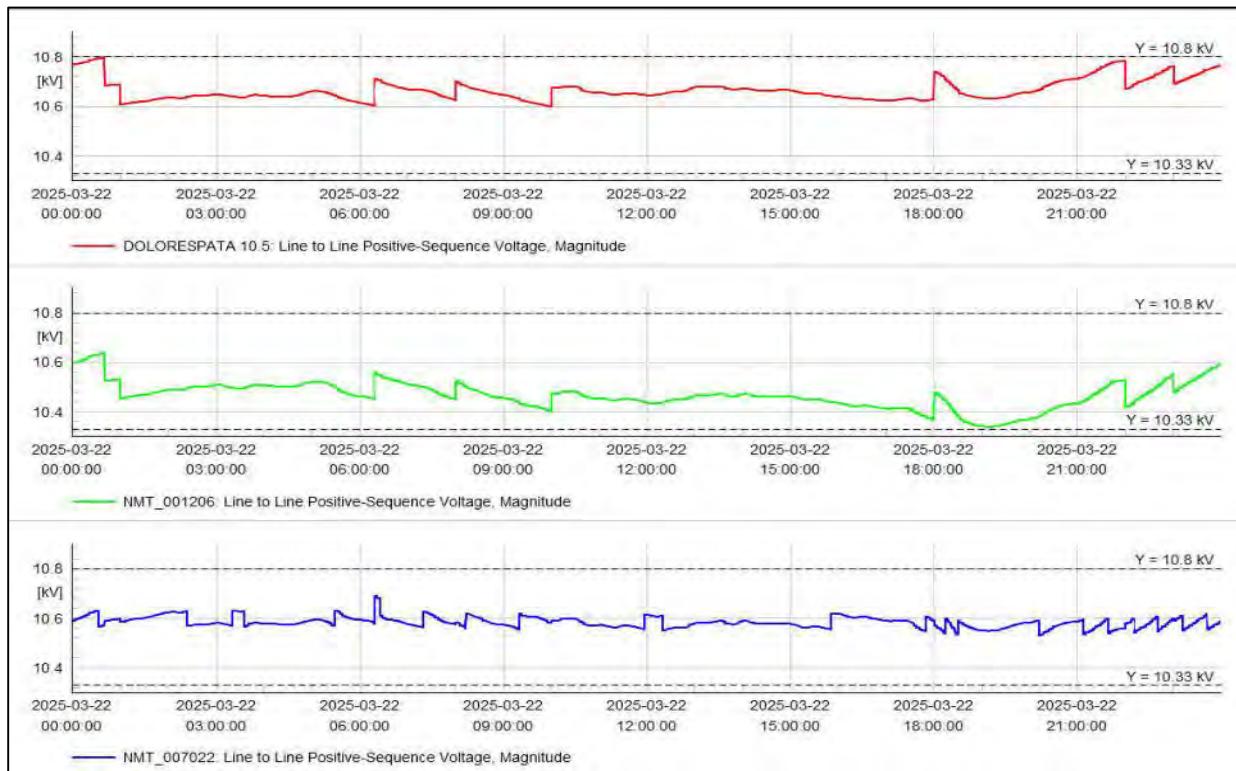
A continuación, la figura 5.11 muestra estas variaciones de tensión dentro de los parámetros establecidos en los tres puntos del alimentador, el color rojo representa la tensión en barra, la línea verde representa la tensión en el centro de carga y la línea azul representa las tensiones en fin de cola a lo largo de las 24 horas.

Figura 5.11 Perfiles de Tensión Regulados en el AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 5.12 Perfiles de Tensión Regulados en el AMT DOLORESPATA N°08.



Nota: Elaboración Propia.

5.3 CAPACIDAD DE REGULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Si bien el sistema de regulación propuesto presenta un correcto desempeño en las condiciones operativas actuales, es importante evaluar la reserva de regulación disponible en los bancos de compensación reactiva y el autotransformador para el eventual crecimiento de demanda (Amplitud -alcance).

5.3.1 RESERVA DE LOS BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA.

El controlador de los 02 bancos de compensación presenta una respuesta dinámica y automática ante las variaciones de tensión en la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata; así mismo, se han obtenido curvas características que describen el esquema de conexión y desconexión de los bancos a lo largo de un día típico. Si bien la cantidad de bancos que están conectados en

determinado momento depende de la tensión de operación como se indicó; estos esquemas son útiles para estimar la reserva de potencia reactiva capacitiva disponible:

Figura 5.13 Esquema de Conexión/Desconexión Automática de los Bancos de Compensación Reactiva.



Nota: Elaboración Propia.

La Figura 5.13 presenta la reserva disponible para cada banco de compensación; en este caso la evaluación se puntualiza en el escenario de máxima demanda o de “hora punta” (17:00h a 22:00h) debido a que en este horario es donde se requiere la mayor cantidad de inyección de potencia reactiva capacitativa para regular la tensión que se ve afectada por el incremento súbito de demanda.

Tabla 5.3 Reserva de los Bancos de Compensación Reactiva de la S.E. Dolorespata.

Escenario de Demanda	Tap del Banco N° 01 (4 x 2.5MVAR)	Reserva del Banco N° 01 (3x3.75MVAR)	Tap del Banco N° 02(3 x 3.75MVAR)	Reserva del Banco N° 02 (3 x 3.75MVAR)	Reserva Disponible
Minima Demanda (01:00 – 04:00)	0	4	1	2	17.5 MVAR
Media Demanda (11:00 – 15:00)	2	2	2	1	8.75 MVAR
Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	2	2	3	0	5 MVAR

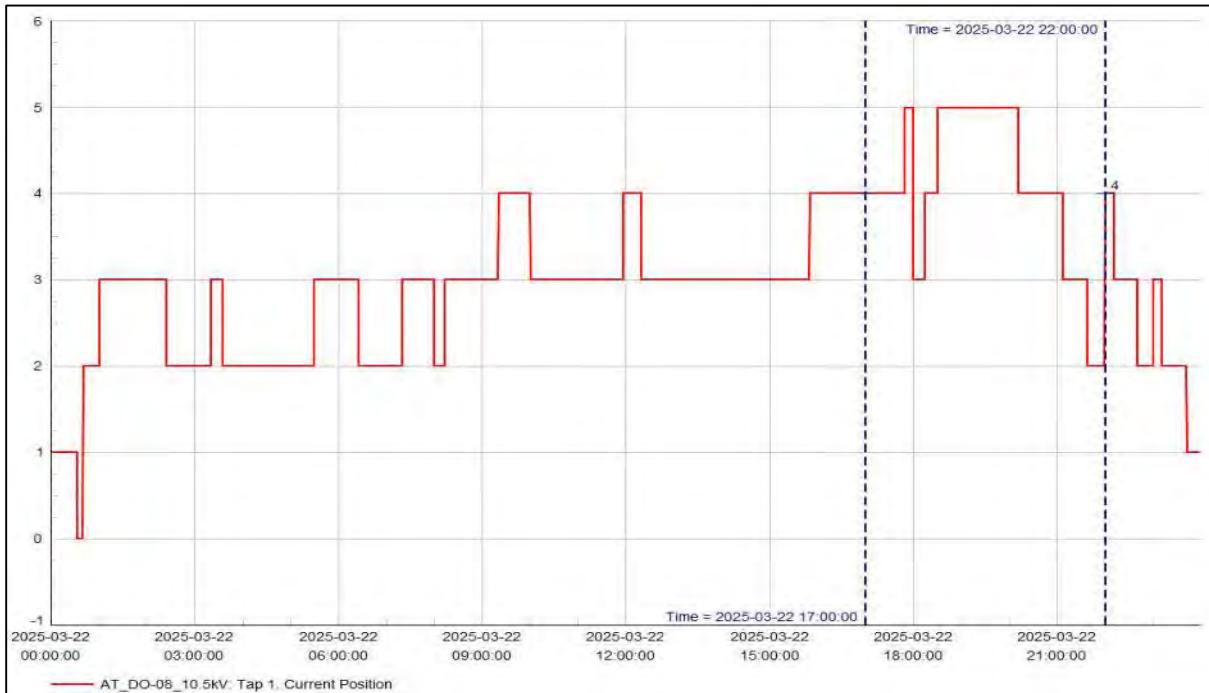
Nota: Elaboración Propia.

La reserva disponible en los bancos de compensación reactiva para regulación de tensión de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata es de 5 MVAR capacitivos, y estos están disponibles solo en el banco N° 01; más adelante se evaluará el alcance para el eventual crecimiento de demanda.

5.3.2 RESERVA DEL BANCO DE AUTOTRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.

El controlador/regulador de posición de los 03 autotransformadores presenta una respuesta dinámica y automática ante las variaciones de tensión e incremento de demanda en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08; así mismo, se ha obtenido la curva característica que describe el esquema de conmutación de los taps a lo largo de un día típico. Si bien la posición del tap en determinado momento depende de la tensión de operación como se indicó; este esquema resulta útil para estimar la reserva disponible:

Figura 5.14 Esquema de Comutación de TAPs del Banco de Autotransformadores Monofásicos.



Nota: Elaboración Propia.

La Figura 5.14 presenta la cantidad de taps disponibles para commutación en el banco de autotransformadores; en este caso la evaluación se puntualiza en el escenario de máxima demanda o de “hora punta” (18:00h a 22:00h) debido a que en este horario es donde se requiere mayor disponibilidad para regular la tensión que se ve afectada por el incremento súbito de demanda.

Tabla 5.4 Reserva de Taps del Banco de Autotransformadores Monofásicos.

Escenario de Demanda	Tap del Autotransformador (± 16)	Reserva del Autotransformador
Mínima Demanda (01:00 – 04:00)	+3	13 Posiciones
Media Demanda (11:00 – 15:00)	+4	12 Posiciones
Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	+5	11 Posiciones

Nota: Elaboración Propia.

La Tabla 5.4 evidencia una reserva disponible de hasta 13 posiciones (+8.125% de la tensión nominal) en el banco de autotransformadores monofásicos localizado en el centro de carga del AMT DOLORESPATA N°08.

5.4 ALCANCE DEL SISTEMA DE REGULACIÓN PROPUESTO.

Habiendo identificado la reserva de disponible en los mecanismos de regulación (bancos de compensación y banco de autotransformadores) es importante evaluar el alcance de la alternativa propuesta (en años) debido al crecimiento natural de la demanda; y así pronosticar el periodo en el que el performance de este sistema será el esperado.

Tabla 5.5 Pronóstico de Crecimiento de la Demanda

Año	Factor de crecimiento de Demanda	Porcentaje de crecimiento de Demanda
2026	1.0298	2.98%
2027	1.060488	6.05%
2028	1.092091	9.21%
2029	1.124635	12.46%
2030	1.158149	15.81%
2031	1.192662	19.27%
2032	1.228203	22.82%

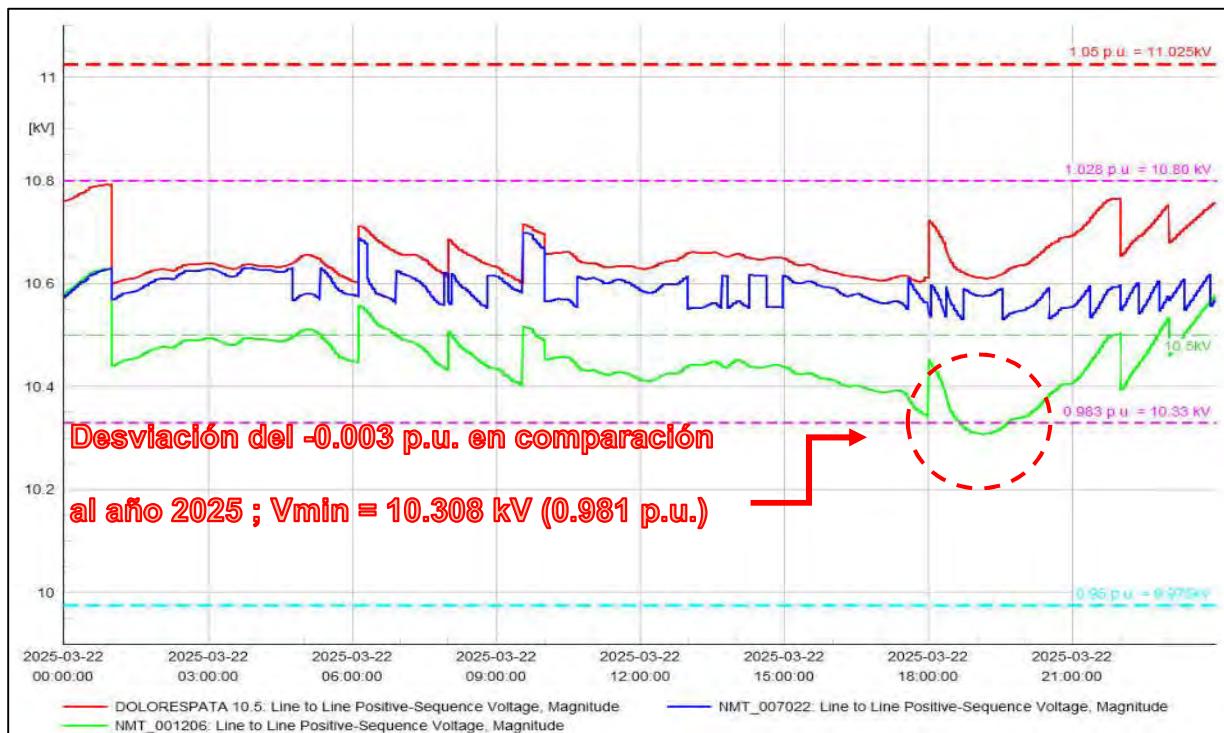
Nota: Elaboración Propia

Se realizarán simulaciones del sistema en estudio con el crecimiento de demanda descrito en la Tabla 5.5. Así mismo, se considera un horizonte de 04 años como máximo, debido el eventual ingreso de nuevas instalaciones al sistema eléctrico de Cusco y las modificaciones topológicas correspondientes.

5.4.1 PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2026.

La Figura 5.15 presenta un desempeño adecuado del mecanismo de regulación propuesto y garantiza que los niveles de tensión a lo largo de todo el AMT DOLORESPATA N°08 se mantengan dentro de lo establecido por la NTCSE con desviaciones que no superan el 5%, sin embargo, existe una desviación de -0.3% en comparación a la curva obtenida para el año 2025 y un valor mínimo de 0.981 p.u.

Figura 5.15 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2026.



Nota: Elaboración Propia.

Adicionalmente, la tabla 5.6 presenta los resultados de operación en el escenario de máxima demanda para el año 2026; se puntualiza este horario debido a que en este se demanda mayores recursos para el mecanismo de regulación propuesto. Por último, se presentan los indicadores de tensión.

Tabla 5.6 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2026.

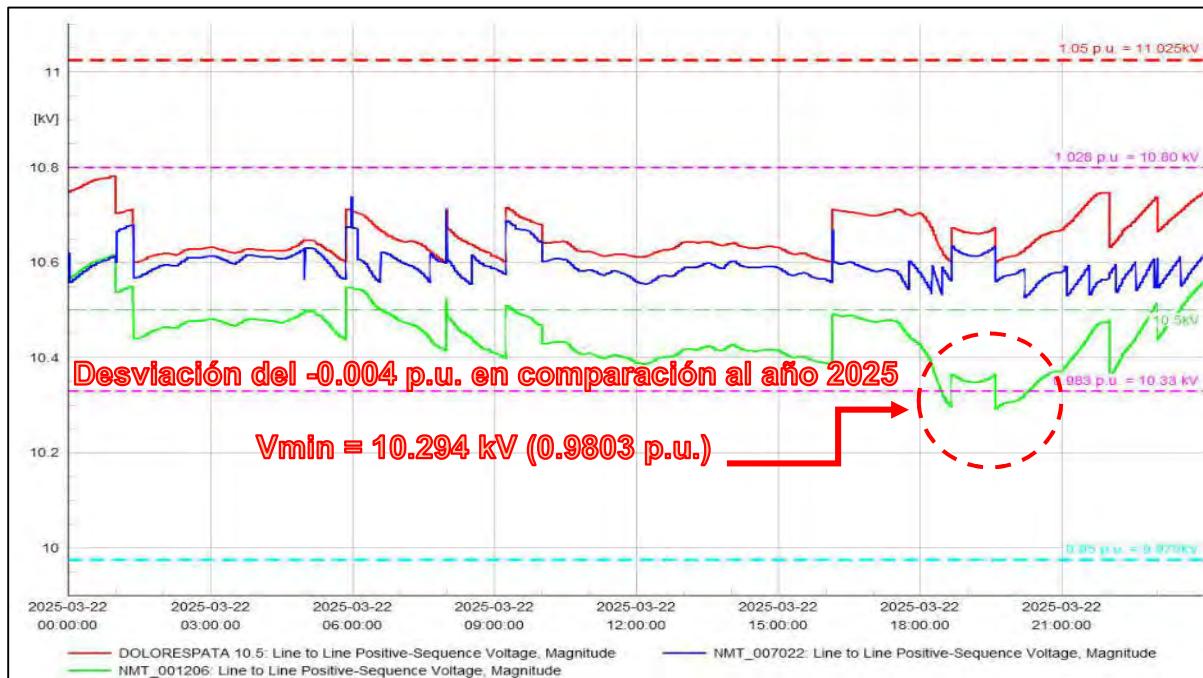
Potencia AMT dolorespata N°08	Escenario de Demanda	Tap del Banco N°	Tap del Banco	Tap del AT (-16 a +16)	Tensión Máxima (kV)	Tensión Minima (kV)	Indicador N°01	Indicador N°02
		01 (04 x 2.5MVAR) Max-Dem	N° 02 (03 x 3.75MVAR) Max-Dem		Año 2026	Año 2026	Año 2026	Año 2026
5.43MW	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	2	3	+6	10.791 1.027 p.u. (00:56h)	10.308 0.981 p.u. (19:03h)	0	0

Nota: Elaboración Propia

5.4.2 PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2027.

La Figura 5.16 presenta un desempeño adecuado del mecanismo de regulación propuesto y garantiza que los niveles de tensión a lo largo de todo el AMT DOLORESPATA N°08 se mantengan dentro de lo establecido por la NTCSE con desviaciones que no superan el 5%, sin embargo, existe una desviación de -0.43% en comparación a la curva obtenida para el año 2025 y un valor mínimo de 0.980 p.u.

Figura 5.16 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2027.



Nota: Elaboración Propia

Adicionalmente, la tabla 5.7 presenta los resultados de operación en el escenario de máxima demanda para el año 2027; se puntualiza este horario debido a que en este se demanda mayores recursos para el mecanismo de regulación propuesto. Por último, se presentan los indicadores de tensión.

Tabla 5.7 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2027.

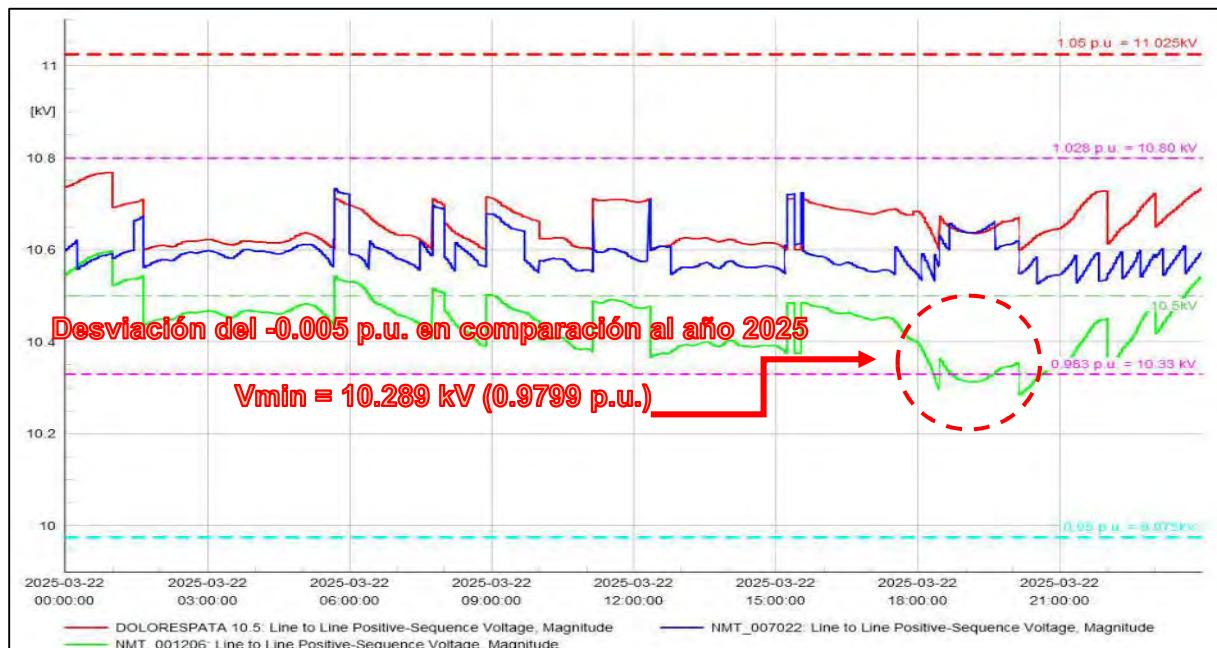
Potencia AMT DOLORESPATA N°08	Escenario de Demanda	Tap del Banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) Max-Dem	Tap del Banco N° 02 (3 x 3.75MVAR) Max-Dem	Tap del AT (- 16 a +16)	Tensión Máxima (kV) Año 2027	Tensión Mínima (kV) Año 2027	Indicador N°01 Año 2027	Indicador N°02 Año 2027
5.64MW 19:15h	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	3	3	+6	10.780 1.026 p.u. (00:56h)	10.294 0.980 p.u. (18:39h)	0	0

Nota: Elaboración Propia

5.4.3 PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2028.

La Figura 5.17 presenta un desempeño adecuado del mecanismo de regulación propuesto y garantiza que los niveles de tensión a lo largo de todo el AMT DOLORESPATA N°08 se mantengan dentro de lo establecido por la NTCSE con desviaciones que no superan el 5%, sin embargo, existe una desviación de -0.48% en comparación a la curva obtenida para el año 2025 y un valor mínimo de 0.979 p.u.

Figura 5.17 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2028.



Nota: Elaboración Propia

Adicionalmente, la Tabla 5.8 presenta los resultados de operación en el escenario de máxima demanda para el año 2028; se puntualiza este horario debido a que en este se demanda mayores recursos para el mecanismo de regulación propuesto. Por último, se presentan los indicadores de tensión.

Tabla 5.8 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2028.

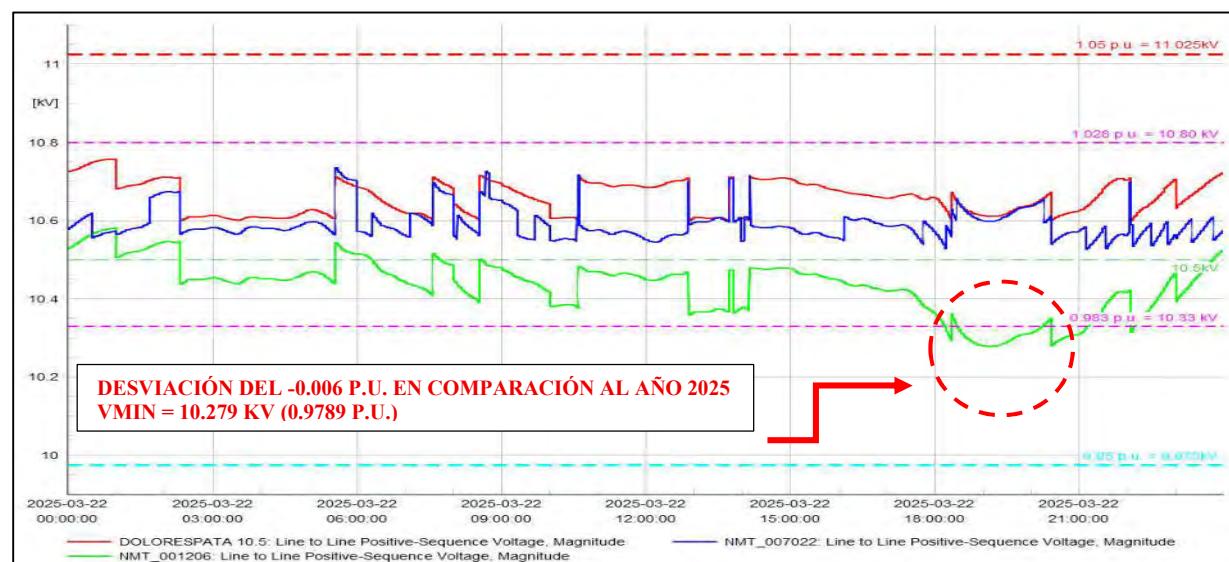
Potencia AMT DOLORESPATA N°08	Escenario de Demanda	Tap del Banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) Max-Dem	Tap del Banco N° 02 (03 x 3.75MVAR) Max-Dem	Tap del AT (-16 a +16)	Tensión Máxima (kV)	Tensión Mínima (kV)	Indicador N°01	Indicador N°02
					Año 2028	Año 2028	Año 2028	Año 2028
5.80MW 19:59h	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	3	3	+7	10.767 1.025 p.u. 00:56h	10.289 0.979 p.u. 20:11h	0	0

Nota: Elaboración Propia.

5.4.4 PERFORMANCE DE LA PROPUESTA E INDICADORES DE CALIDAD DE TENSIÓN PARA EL AÑO 2029.

La Figura 5.18 presenta un desempeño adecuado del mecanismo de regulación propuesto y garantiza que los niveles de tensión a lo largo de todo el AMT DOLORESPATA N°08 se mantengan dentro de lo establecido por la NTCSE con desviaciones que no superan el 5%, sin embargo, existe una desviación de -0.58% en comparación a la curva obtenida para el año 2025 y un valor mínimo de 0.978 p.u.

Figura 5.18 Perfil de Tensiones del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2029.



Nota: Elaboración Propia.

Adicionalmente, la Tabla 5.9 presenta los resultados de operación en el escenario de máxima demanda para el año 2029; se puntuiza este horario debido a que en este se demanda mayores recursos para el mecanismo de regulación propuesto. Por último, se presentan los indicadores de tensión.

Tabla 5.9 Resultados en la Operación del AMT DOLORESPATA N°08 para el Año 2029.

Potencia AMT DOLORESPATA Nº08	Escenario de Demanda	Tap del Banco N° 01 (04 x 2.5MVAR) Max-Dem	Tap del Banco N° 2 (3x 3.75MVAR) Max-Dem	Tap del AT (- 16 a +16)	Tensión Máxima (kV) Año 2029	Tensión Mínima (kV) Año 2029	Indicador Nº01 Año 2029	Indicador Nº02 Año 2029
5.97MW 19:59h	Máxima Demanda (18:00 – 23:00)	3	3	+7	10.756 1.024 p.u. (00:56h)	10.279 0.978 p.u. (19:09h)	0	0

Nota: Elaboración Propia.

5.5 ANALISIS ECONOMICO

Para determinar el costo aproximado de la implementación de la propuesta de tesis tomaremos como referencia contratos, cotizaciones, catálogos de las empresas que fabrican estos equipos.

De acuerdo con contratos de adquisición y referencias técnicas, el costo aproximado de un regulador monofásico es de S/97,851.00, por lo que la implementación de tres reguladores alcanza los S/293,553. Así mismo la adquisición e implementación del relé SEL-751 en la SET tiene un costo de \$2,485.39 que traducidos en soles tiene un costo de S/15,109.0116 siendo una alternativa económicamente favorable y técnicamente robusta. Si bien la inversión inicial es ligeramente superior a otras opciones básicas, el valor agregado en confiabilidad, comunicaciones e integración justifica plenamente la elección del SEL-751 como solución óptima.

A continuación, la tabla 5.10 (ver Anexo 10 y 11) muestra el detalle del costo total por la compra e instalación y puesta en servicio de los equipos de la propuesta de tesis. .

Tabla 5.10 Costo de adquisición y montaje de bancos reguladores y equipos

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	MONTAJE DE BANCO REGULADORES DE TENSION	glb	01	S/34,548.68	S/34,548.68
2	REGULADOR DE TENSION MONOFASICO DE 10.5KV	equipo	03	S/97,851.00	S/293,553.000
4	TABLERO DE CONTROL	equipo	01	S/3,806.00	S/3,806.00
5	KIT DE COMUNICACIÓN	equipo	01	S/2,558.00	S/2,558.00
6	RELE SEL 751 Y CONFIGURACION	equipo	01	S/15,109.0116	S/15,109.0116
				TOTAL	S/347,016.6916

Nota: Electro sur este S.A.

La combinación de relés SEL-751 y bancos de reguladores monofásicos es la alternativa Ofrece una solución de bajo costo relativo, adaptable a las condiciones actuales de la red y con beneficios técnicos inmediatos en regulación de tensión, lo que la convierte en la opción más recomendable frente a otras alternativas de solución.

5.5.1 COMPARACIÓN CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

La propuesta de tesis que basada en la automatización de los bancos a través del relé SEL-751 e implementación del banco de regulador de tensión, constituye una solución modular, escalable y de bajo costo en comparación con otras alternativa de solución que implican una inversión de gran escala.

Se comparan las alternativas de solución claramente diferenciados de la propuesta de tesis como son la sustitución del transformador de potencia con taps de regulación automática(On-Load

Tap Changer) y el cambio de conductor de MT en los principales tramos del alimentador DO-08, tales alternativas cumplen el propósito técnico de mejora en la calidad de servicio.

Desde un punto de vista estrictamente económico, la diferencia en los montos de inversión es notoria. Mientras que la integración de relés y reguladores supone una inversión manejable dentro del presupuesto de operación y mejora continua, el reemplazo de un transformador de potencia con OLTC automático y el redimensionamiento de los conductores de MT del AMT DO-08 representa un proyecto que tendrá un costo mucho mayor tal y como se muestra en la tabla

Tabla 5.11 Costos de materiales de propuesta alternativas

Alternativa de solución	Costo (S/)	Observación
CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA <ul style="list-style-type: none"> - Potencia: 50/50/50 (ONAN) 55/55/55 (ONAF) - Tensión: 138±7x1% / 60 /22,9/10.5KV - Grupo de Conexión: YNyn0yn+d - Altitud de instalación: 3500 msnm. - BIL (interno/externo): (650/750) / (325/450) / (145/170) KVp - Cambiador de tomas bajo carga (OLTC) - Transformadores de corriente en los bujes - Desecador de aire con autosecado - Ruedas orientables - Sistema de anclaje antisísmico -03 Pararrayos para el lado primario (138 kV) -03 Pararrayos para el lado primario (60 kV) -03 Pararrayos para el lado primario (22.9-10.5 kV) -01 Tablero de regulación automática de tensión -01 Sistemas de monitoreo. 	S/8,930,271.01	Proyecto de gran escala; inversión muy alta., se toma como referencia a cotizaciones para la adquisición de este transformador para la obra renovación de transformador de potencia con OLTC en cachimayo con las mismas características operativas para el presente trabajo de investigación (ver Anexo 07)

Alternativa de solución	Costo (S/)	Observación
ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO PARA EL REEMPLAZO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	S/ 581,995.05	Costo referencial (Ver Anexo 08)
EJECUCIÓN DE OBRA PARA EL REEMPLAZO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	S/ 17,352,701.90	Costo referencial (Ver Anexo 08)
CAMBIO DE SECCIÓN DE CONDUCTOR DE LOS PRINCIPALES. TRAMOS DEL AMT DO-08, POR LO TANTO, SE REQUERIRÁ LOS SIGUIENTES MATERIALES CON LOS COSTOS ACTUALES DE MERCADO <ul style="list-style-type: none"> • 3x35mm² AAAC → (4600m)x3F:13800mts → C.U: S/1.93. • 3x50mm² AAAC → (13937m)x3F:41811mts → C.U: S/2.86 • 3x70mm² AAAC → (1070m)x3F:3210mts → C.U: S/4.07 • 3x120mm² AAAC → (3406m)x3F:10218mts → C.U: S/7.15 • 3x70mm²NA2XSA2Y-S → 1204 mts → C.U:S/71.50 	S/ 318,422.86 El precio actual de mercado cotizado de los conductores AAAC desnudos de aluminio y conductores autoportantes en MT. (Ver Anexo 09)	

Alternativa de solución	Costo (S/)	Observación
<p>MANO DE OBRA POR MONTAJE Y RETIRO DE CONDUCTORES DESNUDO HASTA 70MM2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • C.U.Montaje por metros/Fase: S/ 1.09 • Metros : 58,821 • Costo total :S/64114.89 <p>MANO DE OBRA POR MONTAJE Y RETIRO DE CONDUCTOR DESNUDO MAYOR A 70MM2</p> <ul style="list-style-type: none"> • C.U.Montaje por mts/Fase: S/ 1.17 • Metros : 10,218 • Costo total :S/11,955.06 <p>MANO DE OBRA POR MONTAJE Y RETIRO DE CONDUCTOR AUTOORTANTE TRIFASICO MAYOR A 50MM2</p> <ul style="list-style-type: none"> • C.U.Montaje por mts/Fase: S/ 8.2695 • Metros : 1204 • Costo total :S/9,956.478 	S/86,026.428	<p>Solo se considera los principales tramos del alimentador.</p> <p>(Ver Anexo 12)</p>
COSTO TOTAL	S/27,269,417.25	

Nota: Elaboración propia.

5.5.2 ANALISIS COMPARATIVO

Se observa que la alternativa de solución propuesta en la presente tesis constituye alternativa mucho más económica y eficiente para mejorar los perfiles de tensión y la confiabilidad operativa en la SET. Con una inversión aproximada de **S/347,016.6916**, esta solución es modular, escalable y permite actuar directamente sobre la regulación dinámica del sistema. En contraste, el cambio de transformador de potencia automático y el cambio de conductores de MT del alimentador de los principales tramos representa una inversión de gran magnitud que tendrá un costo aproximado a **S/27,269,417.25**. Además este monto no considera los gastos asociados a los costos operativos por interrupciones de energía, supervisión de obra, modificación de estructuras de MT, reconstrucciones, demoliciones y demás gastos asociados, por lo que el impacto económico total resulta varias veces superior al de la alternativa propuesta con relés y reguladores.

Por lo tanto la combinación de relés SEL-751 y bancos de reguladores monofásicos es la alternativa más conveniente económicamente y técnicamente porque no requiere de grandes plazos para su ejecución ni requiere la interrupción de energía de la red ni un gran contingente de personal técnico como si lo es con las otras alternativas de solución como el cambio de transformador de potencia y el redimensionamiento de conductores del AMT DO-08. Por lo tanto la alternativa propuesta presenta una solución de bajo costo relativo, adaptable a las condiciones actuales de la red y con beneficios técnicos inmediatos en regulación de tensión, lo que la convierte en la opción más recomendable para la optimización de la operación del sistema sin comprometer una inversión de gran escala.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Se determinó que el control manual del sistema de regulación de voltaje de la S.E. Dolorespata trae como consecuencias tensiones que llegan a transgredir la NTCSE por encima del 5% en la barra de 10.5 kv, y por debajo del 5% en el fin del AMT DOLORESPATA N°08; mostrándose así deficiencias en la velocidad de respuesta y capacidad de regulación del sistema existente, estas transgresiones son cuantificadas por indicadores de frecuencia y duración desde el año 2020 hasta la actualidad:

AÑO	FRECUENCIA(VECES/AÑO)	DURACION(HORAS/AÑO)
2020	9	16.75
2021	16	14.25
2022	6	6.5
2023	6	8.25
2024	5	3.75
2025	5	2

2.- Se modelo un sistema de regulación de voltaje automático en el AMT DOLORESPATA N°08, y se determinó que los 02 grupos de bancos de compensación reactiva-capacitiva existentes en la S.E. Dolorespata deben ser automatizadas para su correcta operación en la barra de 10.5kv(cabecera), Así mismo se determinó que en el centro de carga se debe implementar un banco de tres autotransformadores monofásicos debido a la existencia de caídas de tensión y cargas desbalanceadas en el AMT DOLORESPATA N°08 para garantizar los niveles óptimos de tensión.

Se recomienda la implementación del Relé SEL-751 para el control de los bancos de compensación reactivo-capacitivo y de 01 banco de reguladores de tensión de la marca ITB equipamientos eléctrico con un control único del modelo CTR-03.

3.- Aplicado el sistema de regulación automática de voltaje en el AMT DOLORESPATA N°08, se analizó el comportamiento de los perfiles de tensión, simulados a través del software Power Factory Digsilent y se observó que la tensión de operación presenta valores óptimos que no transgreden en ningún momento la NTCSE, de tal modo cabe indicar que para los próximos 4 años, los indicadores de frecuencia y duración disminuirán a cero, garantizando que las tensiones de operación se encuentren dentro de los parámetros permisibles de la NTCSE.

AÑO	FRECUENCIA(VECES/AÑO)	DURACION(HORAS/AÑO)
2026	0	0
2027	0	0
2028	0	0
2029	0	0

Se recomienda extender el análisis más allá de los 4 años simulados, considerando escenarios de crecimiento de la demanda futuras y expansión de la red, a fin de evaluar la sostenibilidad del sistema de regulación automática en el largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

Arista, J., Flores, M., & Quispe, R. (2020). *Compensación reactiva y factor de potencia en sistemas eléctricos*. Editorial Ingeniería Energética.

Avelino, P. (2008). Transformadores de distribución (3ra Edición 2008). Editorial Reverte.

IEEE ACCESS (2020) Design and Analysis of Tensión Control System for Transformer Insulation Layer Winding

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9096325>

INDECO. (2025). *Importancia y normativa de los conductores eléctricos de media tensión en el Perú*. INDECO.

<https://www.nexans.pe/es/products.html>

ITB Equipamientos Eléctricos Ltda. (2025) control para bancos de reguladores de tensión modelo ctr-3:

www.itb.ind.br

Kundur, P. (2019). *Power system stability and control*. McGraw-Hill

<https://dl.poweren.ir/downloads/PowerEn/Book/2019/Jun/Power%20System%20Stability%20and%20Control%20-%20Prabha%20Kundur%20%28PowerEn.ir%29.pdf>

Mujal, R. (2002). Cálculo de líneas y redes eléctricas. Ediciones UPC.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36744/9788498800340.pdf>

Congreso de la república.”Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”(NTCSE). Decreto supremo N° 020-97-EM. De 11/10/1997.

Ministerio de Energía y Minas. (1992). Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas. Diario Oficial El Peruano, 19 de noviembre de 1992.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2008). *Resolución N.º 616-2008-OS/CD, que aprueba el Reglamento de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)*. Diario Oficial *El Peruano*, 19 de diciembre de 2008.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2008). *IEEE Standard C37.2™-2008: Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations*. IEEE.

American National Standards Institute. (2016). *ANSI C84.1-2016: American National Standard for Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings (60 Hertz)*. ANSI.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2018). *IEEE Standard 1547™-2018: Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*. IEEE.

Pérez M. (2021). *Transformadores de medida*. España: Departamento de ingeniería Eléctrica Universidad de Vigo.

Quispe, R., & Ramírez, P. (2021). *Regulación manual del voltaje en sistemas eléctricos: Aplicaciones y desafíos*. Editorial Ingeniería Eléctrica.

“Reguladores de tensión monofásicos” Manual de instrucción, TOSHIBA leading innovation. Brasil, junio 2012.

Rojas, P., & Vargas, L. (2020). *Protección de sistemas eléctricos de potencia en subestaciones: Relés y automatización*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Saadat, H. (2018). *Power system analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.

https://elearn.daffodilvarsity.edu.bd/pluginfile.php/1147551/mod_book/intro/eee333-book-hadi.pdf

ANEXOS

ANEXO 01. SOLICITUD DE INFORMACION A EGEMSA DE LOS PERFILES DE TENSION Y DE LA REGULACION ACTUAL EN LA BARRA DE 10.5KV DOLORESPATA



Firmado Digitalmente por:
COVARRUBIAS CHOCANO Luis Federico F
20218339157 hard
Razón: SOY AUTOR DEL DOCUMENTO
Ubicación: EGEMSA
Fecha: 23/09/2024 15:00:03

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Cusco, 23 de septiembre de 2024

GI-R-0096-2024

Expediente: 20241211003382

Señor(a)

FLORES NOALCCA, FRANK RHANDALL

CALLE CONDEMAYTA SN

Pomacanchi - Acomayo

Cusco.-

Asunto : SOLICITO CON FINES ACADÉMICOS BREVE INFORMACIÓN SOBRE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN EN LA BARRA DE 10.5KV DE LA S.E. DOLORESPATA Y LA OPERACIÓN ACTUAL DE LOS BANCOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA.

Referencia : a) S/N - 01 FOLIO - REG. 1752 - MPD.

De mi consideración:

Mediante la presente me dirijo a usted, en atención a su documento en referencia, y en el marco del TUO de la Ley nro. 27806 Ley de Acceso a la Información Pública y su Reglamento, para dar respuesta a su requerimiento en los siguientes términos:

I. Breve información y/o descripción del sistema de regulación de tensión de la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata (Manual o Automático).

Respuesta

En la S.E. Dolorespata se cuenta con 2 grupos de bancos de capacitores para regulación de tensión en nivel de 10.6 kV (Ver imagen adjunta).

- BC 3x3.75 MVAR – 03 bancos de capacitores cada uno de 3.75 MVAR. Se conecta a la Barra de 10.6 kV de la S.E. Dolorespata a través de un interruptor.
- BC 4X2.50 MVAR – 04 bancos de capacitores cada uno de 2.50 MVAR. Se conecta a la Barra de 10.6 kV de la S.E. Dolorespata a través de un interruptor.

La regulación de la tensión de la Barra de 10.6 kV de la S.E. Dolorespata se realiza de forma manual para mantener dentro de los valores permitidos por la NTCSE +/- 5%.

2. Esquema de operación de los bancos de compensación reactiva capacitiva (conexión y desconexión) en un día típico y fines de semana.

Respuesta.

La operación de los bancos se realiza de forma manual, desde el Centro de Control de EGEMSA, a través del SCADA, MicroSCADA ABB. En la imagen anterior, se muestra una vista del SCADA representando en el diagrama unifilar a los 02 grupos de bancos.

La conexión de un (01) banco se realiza con el cierre del interruptor de cada banco capacitar. Por ejemplo, el Banco BC1.K1 se encuentra conectado a través del interruptor K1.QB, cuyo estado de interruptor está en Cerrado. Para la desconexión se realiza con la apertura del interruptor.

Se conecta o desconecta el Banco de acuerdo a la necesidad del sistema eléctrico, con el fin de mantener la tensión de la Barra de 10.6 kV dentro de los valores permitidos por la Norma Técnica de Calidad del Sistema Eléctrico - NTCSE. La decisión es tomada por el Profesional de turno del Centro de Control, quien realiza la supervisión, operación y control del Sistema Eléctrico, en este caso del Sistema Eléctrico de EGEMSA.

3. De contar con la información, posición de cada uno de los 7 bancos de compensación reactiva capacitiva en el año 2024 (Conectado o desconectado).

Respuesta.

En los registros de los medidores, se puede determinar la conexión/desconexión de los bancos. Al conectar un (01) banco se puede observar incremento de la potencia reactiva en 3.75 MVAR, 7.50 MVAR o 11.25 MVAR.

Cada salto de potencia reactiva, significa conexión o desconexión del banco.

Los registros de medidores de los bancos son dos (02): DOL11CAP corresponde a los bancos de BC 4X2.50 MVAR y DOLL CAP NEW corresponde al grupo de bancos BC 3x3.75 MVAR.

4. Características técnicas de los equipos de maniobra, protección y control de los bancos de compensación reactiva (interruptores, relés y/o controladores automáticos)

Respuesta

Se adjunta la documentación de las características de los equipos de maniobra, protección y control de los bancos de compensación reactiva, en nueve (09) archivos.

5. Mediciones de potencia activa y reactiva en la barra de 10.5kV de la S.E. Dolorespata desde el año 2020 a la fecha. De ser posible, de cada uno de los transformadores de potencia.

Respuesta

Se adjunta archivo de datos de medición desde el 2020 a agosto del 2024:

- Transformadores de potencia TR1, TR2 y TR3: Energía activa y reactiva, Tensión en V
- Bancos de capacitores DOLL CAP NEW y DOL11CAP: Tensión de barra de 10.6 kV en V, Energía Reactiva de los bancos.



Según lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Puede validar la autenticidad e integridad del documento generado a través del código QR ubicado en la parte inferior izquierda del presente documento o colocando la siguiente dirección en la barra del navegador: <http://sigedd.egemsa.com.pe/SistemaCasillaVerificacion> e ingresando la siguiente clave P100VZ.

Para un próximo trámite, señalar el número de expediente: 20241211003382

2 de 3

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Cusco, 19 de mayo de 2025

GI-R-0045-2025

Expediente: 20241211003382

Señor(a)

FLORES NOALCCA, FRANK RHANDALL

CALLE MANZANAPATAB-10

Santiago - Cusco

Cusco:

Asunto : SOLICITO INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TENSIÓN EN LA BARRA DE 10.5KV DE LA S.E. DOLORESPATA PARA DESARROLLAR TEMA DE TESIS.

Referencia : a) S / N - 01 FOLIO - REG. 0811 - MESA PARTES DIGITAL (PCM-FACILITA)

De mi consideración:

Mediante la presente me dirijo a usted, en atención a su documento en referencia, y en el marco del Texto Único Ordenado de la ley nro. 27806, Ley de Acceso a la Información Pública y su Reglamento, para dar respuesta a su requerimiento en los siguientes términos:

Requerimiento:

1. Placa de los bancos capacitores de 3 X 3.75 MVAR y 4 X 2.5 MVAR, y características técnicas.

Se adjunta al presente los datos placas de los bancos capacitores de 3 x 3.75 MVAR y 4 x 2.5 MVAR, y sus características técnicas de cada uno de ellos.

2. Potencia reactiva en desde el año 2020 hasta la fecha actual (anteriormente se remitió la energía reactiva en KVARh se solicita en potencia reactiva en KVAR por precisión de datos.)

Se acompaña al presente los archivo en formato Excel del registro de operación de los bancos capacitores de 3 x 3.75 MVAR y 4 x 2.5 de enero 2020 a 30 de abril 2025.

3. Potencia de los 03 transformadores de potencia desde el año 2020 a la fecha (Anteriormente se remitió solo las potencias del mes de enero de cada año).

Se adjunta el archivo Excel del Histórico de los tres (3) Transformadores de potencia de la S.E Dolorespata del 2020 al 2025.

4. Placa de los transformadores de potencia y posición actual del Taps de regulación para mejor análisis

Se adjunta los datos de placa de los transformadores de potencia (TR1, TR2 y TR3 y la posición actual del Taps.

5. Diagrama simple de conexión del sistema de regulación (conexión de TT, TC, Rele, disyuntor)

Se acompaña el diagrama de unifilar del sistema de protección de la Subestación Dolorespata.

6. De ser posible entrevista con el personal a cargo de la operación y data del sistema de regulación de tensión y visita técnica en las instalaciones de los bancos capacitores.

En cuanto respecta a este punto, se le brinda la asistencia técnica, para lo cual deberá de comunicarse con el Ing. Jorge Aguilar Villa, al teléfono nro. 084 600098 anexo 250, en el siguiente horario de trabajo de 7:30 am a 1:00 pm y de 2:00 a 5:00 pm de lunes a viernes.

ANEXO 02. SOLICITUD DE INFORMACION A ELSE DE LOS PERFILES DE CARGA Y MEDICION DE TENSION EN DISTINTOS PUNTOS DEL AMT DO08 EN 10.5 KV



www.else.com.pe
Av. Sucre N° 400 - Urb. Bancopata
Cusco - Perú
(084) 233700

SUMILLA: Entrega de información

Cusco, 14 de abril de 2025

Carta N° SAIP - 040 - 2025

Estimado Señor:
FRANK RHANDALL FLORES NOALCCA
Presente.-

Asunto: **Entrega de información solicitada**
Referencia: i) Carta S/N de fecha 31.03.2025
ii) Expediente 2025010541

Reciba un cordial saludo:

Mediante la presente, le remitimos la respuesta correspondiente a su solicitud de información, formula mediante el documento de referencia i), presentada en nuestra mesa de partes de la organización, en fecha 31 de marzo del 2025 a las 13:10 horas, respuesta que se otorga dentro del plazo legal estipulado en el artículo 11º del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806¹, aprobado mediante Decreto Supremo N° 021-2019-JUS.

En dicha comunicación, se solicita, en aplicación de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, que se le proporcione la información relacionada con el siguiente texto:

- *Información relacionada sobre el alimentador DO-08, perfil de carga, medición de las variables eléctricas, entre otros relacionados.*

Con relación a su requerimiento, cumplimos con alcanzarle la respuesta brindada por la división de operaciones, que se detalla a continuación:

- Enlace electrónico a la carpeta compartida que contiene archivos de información relacionada al alimentador DO-08.
 - https://elsesaa-my.sharepoint.com/:f/g/personal/jortega_else_com_pe/Eo-af-7-LOZLrgkn3wcw95gBtIGdeKun6lgwpHbw4zU52w?e=XTUxzU

Con la información proporcionada, consideramos dar por atendida su solicitud de entrega de información.

Atentamente,



Firmado
digitalmente por
CHACON
RONDON Ronald
Agustin FAU
20116544289
hard

**Responsable de Entrega de Información
Electro Sur Este S.A.A**

ANEXO 03. PERFIL DE TENSIONES EN LA BARRA DE 10.5KV AMT

DOLORESPATA N°08

Local Time	Vll avg mean	Vll ab mean	Vll bc mean	Vll ca mean
2020-Mar-18 00:00:00.000	10988.42188	11042.0166	10956.58105	10966.66602
2020-Mar-18 00:15:00.000	10995.33008	11048.36035	10963.9668	10973.65918
2020-Mar-18 00:30:00.000	11000.79785	11053.37109	10968.38086	10980.61816
2020-Mar-18 00:45:00.000	10992.91309	11045.67969	10960.22559	10972.8291
2020-Mar-18 01:00:00.000	10997.77148	11050.05762	10966.64258	10976.59863
2020-Mar-18 01:15:00.000	10994.14648	11047.05469	10961.10254	10974.26953
2020-Mar-18 01:30:00.000	10998.9209	11052.27539	10966.10156	10978.39844
2020-Mar-18 01:45:00.000	11001.69238	11054.4209	10970.00195	10980.64844
2020-Mar-18 02:00:00.000	11012.33203	11065.28711	10980.67578	10991.03711
2020-Mar-18 02:15:00.000	11013.36914	11066.01465	10981.91992	10992.19141
2020-Mar-18 02:30:00.000	11011.16309	11063.82422	10978.60742	10991.04883
2020-Mar-18 02:45:00.000	11016.08203	11069.4541	10983.0791	10995.70801
2020-Mar-18 03:00:00.000	11020.11133	11072.9209	10987.90625	10999.50879
2020-Mar-18 03:15:00.000	11025.57324	11078.14258	10992.80078	11005.7832
2020-Mar-18 03:30:00.000	11022.00879	11074.35352	10988.83887	11002.82715
2020-Mar-18 03:45:00.000	11022.70898	11075.50781	10988.69629	11003.87988
2020-Mar-18 04:00:00.000	11021.85547	11074.48633	10987.89746	11003.15918
2020-Mar-18 04:15:00.000	11014.29102	11066.66113	10980.31543	10995.91113
2020-Mar-18 04:30:00.000	11008.75781	11061.29492	10975.01367	10989.9707
2020-Mar-18 04:45:00.000	11008.62598	11060.76953	10976.53027	10988.58691
2020-Mar-18 05:00:00.000	11007.07031	11060.27441	10974.13184	10986.80859
2020-Mar-18 05:15:00.000	11003.38477	11055.82715	10971.2168	10983.1123
2020-Mar-18 05:30:00.000	10992.27344	11045.84375	10959.2959	10971.7002
2020-Mar-18 05:45:00.000	10989.83887	11042.74805	10957.86816	10968.88867
2020-Mar-18 06:00:00.000	10991.89258	11045.2002	10961.97852	10968.50586
2020-Mar-18 06:15:00.000	11013.90137	11067.76855	10983.3291	10990.64648
2020-Mar-18 06:30:00.000	11027.41699	11081.96875	10996.48926	11003.81641
2020-Mar-18 06:45:00.000	11030.49316	11086.02344	10998.7373	11006.72461
2020-Mar-18 07:00:00.000	11027.41211	11082.4375	10994.41895	11005.36621
2020-Mar-18 07:15:00.000	11019.38379	11074.99512	10983.9248	10999.22559
2020-Mar-18 07:30:00.000	11015.77441	11072.07715	10980.9834	10994.26367
2020-Mar-18 07:45:00.000	11000.60449	11057.90234	10968.18848	10975.71191
2020-Mar-18 08:00:00.000	10983.95898	11042.9375	10951.21094	10957.75195
2020-Mar-18 23:00:00.000	10969.59473	11027.17578	10937.4209	10944.19238
2020-Mar-18 23:15:00.000	10975.87793	11031.11816	10942.78711	10953.7207
2020-Mar-18 23:30:00.000	10990.61035	11046.26855	10956.90625	10968.62695
2020-Mar-18 23:45:00.000	11002.75977	11057.20996	10968.18848	10982.89063
2020-Mar-19 00:00:00.000	11006.33887	11060.70508	10971.24121	10987.06738

2020-Mar-19 00:15:00.000	11007.74512	11061.35156	10973.40234	10988.47363
2020-Mar-19 00:30:00.000	11007.5625	11062.30859	10972.9209	10987.49023
2020-Mar-19 00:45:00.000	11003.84082	11058.19531	10969.36914	10983.94141
2020-Mar-19 01:00:00.000	11004.69629	11059.27148	10971.37891	10983.42969
2020-Mar-19 01:15:00.000	11013.01953	11067.98438	10978.17773	10992.8877
2020-Mar-19 01:30:00.000	11019.57031	11074.96484	10984.37695	10999.39453
2020-Mar-19 01:45:00.000	11019.35254	11074.8457	10982.62891	11000.5791
2020-Mar-19 02:00:00.000	11020.81543	11075.47754	10984.80566	11002.14746
2020-Mar-19 02:15:00.000	11022.09863	11078.32031	10986.27734	11001.7002
2020-Mar-19 02:30:00.000	11023.69531	11079.3877	10987.72363	11003.97266
2020-Mar-19 02:45:00.000	11025.95898	11081.36816	10989.40039	11007.11035
2020-Mar-19 03:00:00.000	11029.68359	11085.91602	10992.9209	11010.23926
2020-Mar-19 03:15:00.000	11034.89453	11091.4375	10998.08984	11015.16406
2020-Mar-19 03:30:00.000	11035.6377	11091.66406	10998.80664	11016.42188
2020-Mar-19 03:45:00.000	10993.81543	11051.28223	10956.37988	10973.75586
2020-Mar-19 04:00:00.000	10983.69629	11040.70508	10946.82422	10963.54883
2020-Mar-19 04:15:00.000	10979.81543	11036.31152	10943.31641	10959.83105
2020-Mar-19 04:30:00.000	10978.68262	11036.77148	10941.97852	10957.3291
2020-Mar-19 04:45:00.000	10979.04883	11036.92578	10941.25488	10958.95117
2020-Mar-19 05:00:00.000	10977.87109	11034.8291	10940.99121	10957.7959
2020-Mar-19 05:15:00.000	10975.40918	11032.9707	10937.95215	10955.25977
2020-Mar-19 05:30:00.000	10968.67773	11025.70313	10932.30566	10948.05371
2020-Mar-19 05:45:00.000	10969.26953	11026.34961	10933.15234	10948.34766
2020-Mar-19 06:00:00.000	10979.66406	11037.80859	10942.24219	10958.95703
2020-Mar-19 06:15:00.000	11003.02344	11060.74414	10966.69141	10981.65332
2020-Mar-19 06:30:00.000	11014.34863	11071.46289	10977.76855	10993.79492
2020-Mar-19 06:45:00.000	11009.78809	11068.21289	10972.94336	10988.20801
2020-Mar-19 07:00:00.000	11006.60547	11065.74707	10969.83789	10984.21191
2020-Mar-19 07:15:00.000	10999.42969	11058.63965	10964.50488	10975.13379
2020-Mar-19 07:30:00.000	10989.75684	11049.39453	10954.56641	10965.31934
2020-Mar-19 07:45:00.000	10976.94336	11038.12109	10940.64258	10952.07227
2020-Mar-19 08:00:00.000	10966.22266	11025.63965	10932.41016	10940.61035
2020-Mar-19 23:30:00.000	10975.57813	11033.61621	10938.2998	10954.80078
2020-Mar-19 23:45:00.000	10985.34766	11042.68262	10948.41895	10964.9248
2020-Mar-20 00:00:00.000	10997.77637	11054.51367	10959.90039	10978.91992
2020-Mar-20 00:15:00.000	11003.49414	11060.72559	10965.17188	10984.57227
2020-Mar-20 00:30:00.000	11009.20996	11065.94238	10971.05078	10990.66992
2020-Mar-20 00:45:00.000	11006.68555	11063.03418	10968.55469	10988.45898
2020-Mar-20 01:00:00.000	11005.87598	11061.24707	10967.83691	10988.54883
2020-Mar-20 01:15:00.000	11003.1748	11058.92285	10965.25293	10985.33887
2020-Mar-20 01:30:00.000	10985.40332	11041.53125	10948.38477	10966.3125
2020-Mar-20 01:45:00.000	10993.25195	11049.32227	10955.40039	10975.04297
2020-Mar-20 02:00:00.000	10996.1709	11052.53516	10957.45117	10978.52344

2020-Mar-20 02:15:00.000	11007.05566	11061.78027	10968.88672	10990.5127
2020-Mar-20 02:30:00.000	11027.63477	11082.44434	10990.60254	11009.85352
2020-Mar-20 02:45:00.000	11034.08789	11089.24902	10996.39746	11016.60742
2020-Mar-20 03:00:00.000	11035.20215	11090.37402	10998.26465	11016.95508
2020-Mar-20 03:15:00.000	11039.04102	11093.7002	11001.9043	11021.54297
2020-Mar-20 03:30:00.000	11050.99219	11105.16309	11013.04297	11034.78418
2020-Mar-20 03:45:00.000	11054.31543	11109.79492	11016.22656	11036.93457
2020-Mar-20 04:00:00.000	11059.2998	11114.78223	11020.84082	11042.28516
2020-Mar-20 04:15:00.000	11049.87109	11104.62402	11011.04492	11033.95996
2020-Mar-20 04:30:00.000	11048.68848	11102.85156	11011.04199	11032.17285
2020-Mar-20 04:45:00.000	11049.17871	11103.19922	11011.56445	11032.77441
2020-Mar-20 05:00:00.000	11054.06152	11107.51563	11016.79492	11037.8877
2020-Mar-20 05:15:00.000	11051.5293	11106.2627	11012.81543	11035.50098
2020-Mar-20 05:30:00.000	11046.26367	11100.79102	11009.21289	11028.78223
2020-Mar-20 05:45:00.000	11038.40039	11094.2373	11002.15234	11018.77441
2020-Mar-20 06:00:00.000	11036.41895	11091.5293	10999.20898	11018.48047
2020-Mar-20 06:15:00.000	11060.70898	11115.55859	11024.70996	11041.8623
2020-Mar-20 06:30:00.000	11069.73047	11124.75	11031.31738	11053.14648
2020-Mar-20 06:45:00.000	11050.82422	11107.38574	11013.38086	11031.71875
2020-Mar-20 07:00:00.000	11046.01465	11106.39453	11007.68457	11023.97266
2020-Mar-20 07:15:00.000	11035.69434	11094.24121	10999.28027	11013.54883
2020-Mar-22 00:00:00.000	10970.68848	11029.69336	10929.44043	10952.95117
2020-Mar-22 00:15:00.000	10976.62207	11034.49512	10934.52734	10960.83398
2020-Mar-22 00:30:00.000	10987.64551	11044.99023	10945.92578	10972.02734
2020-Mar-22 00:45:00.000	11002.5293	11060.10742	10963.77734	10983.68066
2020-Mar-22 01:00:00.000	11004.06543	11060.97754	10965.33789	10985.90039
2020-Mar-22 01:15:00.000	11012.43262	11069.07422	10973.28711	10994.9248
2020-Mar-22 01:30:00.000	11015.53906	11071.61914	10976.16016	10998.81934
2020-Mar-22 01:45:00.000	11019.30664	11075.70313	10979.47363	11002.73633
2020-Mar-22 02:00:00.000	11023.7334	11081.02344	10984.18066	11005.98242
2020-Mar-22 02:15:00.000	11029.44824	11086.42676	10989.08203	11012.85645
2020-Mar-22 02:30:00.000	11032.72656	11089.75098	10991.6748	11016.75781
2020-Mar-22 02:45:00.000	11031.92871	11089.6543	10991.59766	11014.5459
2020-Mar-22 03:00:00.000	11032.66992	11090.48535	10992.62109	11014.87695
2020-Mar-22 03:15:00.000	11040.04102	11098.24512	10999.75293	11022.12402
2020-Mar-22 03:30:00.000	11039.33789	11096.41699	10999.95801	11021.66992
2020-Mar-22 03:45:00.000	11043.40918	11099.16895	11004.69824	11026.33887
2020-Mar-22 04:00:00.000	11041.09473	11097.42676	11002.10742	11023.73047
2020-Mar-22 04:15:00.000	11036.14551	11092.70313	10997.03027	11018.71973
2020-Mar-22 04:30:00.000	11032.48145	11089.2959	10993.23047	11014.92969
2020-Mar-22 04:45:00.000	11030.19531	11086.66699	10991.39551	11012.51465
2020-Mar-22 05:00:00.000	11030.33203	11086.39453	10991.83398	11012.73535
2020-Mar-22 05:15:00.000	11026.18066	11082.66309	10987.53906	11008.37109

2020-Mar-22 05:30:00.000	11030.05078	11086.55957	10991.03906	11012.50293
2020-Mar-22 05:45:00.000	11033.7207	11090.01953	10995.52734	11015.63574
2020-Mar-22 06:00:00.000	11049.22559	11105.19238	11011.23535	11031.28516
2020-Mar-22 06:15:00.000	11080.81445	11136.69238	11043.35449	11062.40918
2020-Mar-22 06:30:00.000	11088.52344	11145.83301	11051.89551	11067.85156
2020-Mar-22 06:45:00.000	11090.92578	11148.3418	11052.02344	11072.39551
2020-Mar-22 07:00:00.000	11056.58398	11110.60645	11021.37402	11037.75195
2020-Mar-22 07:15:00.000	11042.52246	11098.83789	11008.13379	11020.5918
2020-Mar-22 07:30:00.000	11009.43066	11065.68848	10977.79785	10984.82129
2020-Mar-22 07:45:00.000	10998.0625	11054.86914	10965.55957	10973.74707
2020-Mar-23 06:30:00.000	10977.43848	11034.94336	10934.41602	10962.9502
2020-Mar-23 06:45:00.000	10981.10449	11038.91016	10937.44336	10966.96973
2020-Mar-23 07:00:00.000	10981.38867	11041.52734	10936.59766	10966.0332
2020-Mar-25 03:30:00.000	10970.85938	11027.16211	10930.22559	10955.18066
2020-Mar-25 03:45:00.000	10971.50684	11026.94824	10930.3877	10957.17285
2020-Mar-25 06:30:00.000	10981.42578	11036.15527	10943.03809	10965.08887
2020-Mar-25 06:45:00.000	10986.88672	11045.23047	10945.87109	10969.55469
2020-Mar-25 07:00:00.000	10974.42969	11032.75586	10932.96289	10957.56641
2020-Mar-26 05:00:00.000	10973.85645	11027.6875	10935.63477	10958.19531
2020-Mar-26 06:30:00.000	10983.52246	11035.84863	10945.9209	10968.78906
2020-Mar-26 06:45:00.000	10984.81543	11036.86035	10944.87891	10972.71191
2020-Mar-26 07:00:00.000	10979.47852	11032.41309	10942.72852	10963.29785
2020-Mar-27 02:45:00.000	10983.33008	11031.16699	10946.99902	10971.83105
2020-Mar-27 03:00:00.000	10995.09473	11042.86328	10959.27637	10983.14648
2020-Mar-27 03:15:00.000	11003.4834	11051.03418	10968.09766	10991.31543
2020-Mar-27 03:30:00.000	11002.66211	11049.01465	10968.51855	10990.46875
2020-Mar-27 03:45:00.000	11006.1543	11053.59961	10971.12695	10993.71875
2020-Mar-27 04:00:00.000	11002.69531	11049.46191	10967.60254	10991
2020-Mar-27 04:15:00.000	10991.34082	11037.97266	10955.39648	10980.65039
2020-Mar-27 04:30:00.000	10989.21582	11038.03027	10951.38379	10978.25195
2020-Mar-27 04:45:00.000	10984.58594	11032.67969	10947.99805	10973.06934
2020-Mar-27 05:00:00.000	10982.90234	11030.15332	10947.99023	10970.59082
2020-Mar-27 05:15:00.000	10980.83203	11029.05762	10944.46289	10968.97266
2020-Mar-27 06:15:00.000	10999.45996	11048.84473	10962.12695	10987.4209
2020-Mar-27 06:30:00.000	11005.54883	11053.66016	10968.8457	10994.12695
2020-Mar-27 06:45:00.000	10999.89355	11051.24512	10960.72559	10987.6875
2020-Mar-27 07:00:00.000	10996.91699	11049.28809	10955.98047	10985.47461
2020-Mar-27 07:15:00.000	10978.28711	11026.82324	10940.74512	10967.26855
2020-Mar-29 07:00:00.000	10976.33887	11026.73926	10943.66797	10958.60547
2020-Abr-01 01:00:00.000	10973.10156	11027.09766	10933.66016	10958.56445
2020-Abr-02 06:30:00.000	10994.74805	11044.60449	10959.62012	10980.05078
2020-Abr-02 06:45:00.000	11016.50586	11066.41699	10979.34766	11003.77246
2020-Abr-05 06:30:00.000	10992.86523	11045.1377	10962.28906	10971.14355

2020-Abr-05 06:45:00.000	10997.92871	11049.12891	10968.22363	10976.41016
2020-Abr-05 07:00:00.000	10995.13867	11045.60742	10968.00293	10971.79785
2020-Abr-05 07:15:00.000	11035.77246	11089.85352	11008.17871	11009.2793
2020-Abr-05 07:30:00.000	11036.78711	11091.54297	11008.4834	11010.36133
2020-Abr-05 07:45:00.000	11036.01855	11091.56641	11007.72559	11008.77246
2020-Abr-05 08:00:00.000	11031.2207	11084.11426	11008.0918	11001.4668
2020-Abr-05 08:15:00.000	11024.86133	11077.41211	10997.69922	10999.44922
2020-Abr-05 08:30:00.000	11013.61621	11068.33789	10987.25195	10985.26367
2020-Abr-05 08:45:00.000	11000.35352	11054.09668	10973.52148	10973.44531
2020-Abr-05 09:00:00.000	10996.53906	11052.76074	10968.88477	10967.96973
2020-Abr-05 09:15:00.000	10988.02539	11045.18359	10955.91309	10962.95313
2020-Abr-05 09:30:00.000	10978.54004	11038.23633	10945.44141	10951.95313
2020-Abr-05 09:45:00.000	10975.63672	11033.31934	10945.31348	10948.28418
2020-Abr-05 10:00:00.000	10977.68848	11036.91797	10945.82813	10950.31543
2020-Abr-05 10:15:00.000	10988.4248	11047.60156	10957.6875	10959.99902
2020-Abr-05 10:30:00.000	10993.46191	11056.34375	10960.98438	10963.06445
2020-Abr-05 10:45:00.000	10996.55566	11055.82031	10965.67969	10968.16309
2020-Abr-05 11:00:00.000	10986.34473	11045.33008	10953.81445	10959.87891
2020-Abr-05 11:15:00.000	10982.26855	11042.63477	10950.52148	10953.62207
2020-Abr-05 11:30:00.000	10974.96289	11032.91895	10945.02637	10946.94141
2020-Abr-09 07:15:00.000	10977.71973	11026.99805	10939.43262	10966.74414
2020-Abr-09 07:30:00.000	10977.5791	11027.78711	10942.15234	10962.79102
2020-Abr-09 07:45:00.000	10974.64844	11026.79492	10938.60645	10958.53809
2020-Abr-11 06:45:00.000	10982.61816	11030.97852	10949.54492	10967.34668
2020-Abr-11 07:00:00.000	10981.56152	11031.31445	10948.47461	10964.86426
2020-Abr-12 07:00:00.000	10993.5166	11043.75977	10960.42871	10976.35742
2020-Abr-12 07:15:00.000	10994.98242	11046.17676	10960.34863	10978.42188
2020-Abr-12 07:30:00.000	10985.46484	11036.58203	10951.05664	10968.72852
2020-Abr-12 07:45:00.000	10977.90527	11031.42285	10942.36426	10959.93262
2020-Abr-17 06:45:00.000	10980.96191	11029.75098	10944.61621	10968.50684
2020-Abr-19 06:15:00.000	10992.99316	11043.00781	10956.58398	10979.37305
2020-Abr-19 06:30:00.000	11008.28125	11058.43066	10971.51855	10994.88867
2020-Abr-19 06:45:00.000	11014.62109	11063.91309	10978.9375	11001.0293
2020-Abr-19 07:00:00.000	11008.82813	11058.66309	10971.90234	10995.91699
2020-Abr-19 07:15:00.000	11008.89844	11059.16211	10972.40234	10995.14844
2020-Abr-19 07:30:00.000	11001.63574	11051.95996	10966.50684	10986.43066
2020-Abr-19 07:45:00.000	10994.7832	11046.9668	10957.37012	10980.00293
2020-Abr-19 08:00:00.000	10993.99902	11045.77246	10959.54688	10976.71094
2020-Abr-19 08:15:00.000	10983.37012	11034.63867	10947.32324	10968.12988
2020-Abr-20 02:00:00.000	10974.9248	11025.79883	10937.78223	10961.22461
2020-Abr-20 02:45:00.000	10995.76465	11046.05566	10958.90527	10982.30957
2020-Abr-20 03:00:00.000	11013.1875	11063.66406	10976.3457	10999.57031
2020-Abr-20 03:15:00.000	11003.56445	11054.01953	10965.7207	10990.91699

2020-Abr-20 03:30:00.000	11004.05469	11054.61621	10966.42871	10991.13477
2020-Abr-20 03:45:00.000	11005.97266	11057.0166	10968.00781	10992.87109
2020-Abr-20 04:00:00.000	11004.96875	11056.06152	10966.67871	10992.14063
2020-Abr-20 04:15:00.000	11003.67773	11054.01563	10967.15527	10989.84961
2020-Abr-20 04:30:00.000	10996.38379	11047.07129	10959.78223	10982.32031
2020-Abr-20 04:45:00.000	10990.46094	11041.78516	10953.25586	10976.37598
2020-Abr-20 05:00:00.000	10983.95508	11034.34082	10946.88867	10970.62598
2020-Abr-20 05:15:00.000	10974.74512	11025.18555	10938.64063	10960.40234
2020-Abr-20 06:15:00.000	10992.35742	11043.43359	10956.5332	10977.08105
2020-Abr-20 06:30:00.000	10989.14844	11039.60645	10951.42188	10976.41016
2020-Abr-20 06:45:00.000	10982.3291	11032.53516	10946.2168	10968.21582
2020-Abr-20 07:00:00.000	10983.98535	11034.41699	10949.02246	10968.50879
2020-Ago-02 06:30:00.000	10988.36035	11034.33887	10953.44531	10977.30371
2020-Ago-02 06:45:00.000	11028.36816	11073.74902	10992.66309	11018.68652
2020-Ago-02 07:00:00.000	11019.98926	11063.19629	10986.36035	11010.39355
2020-Ago-02 07:15:00.000	11026.34375	11069.83105	10994.8252	11014.36133
2020-Ago-02 07:30:00.000	11015.7334	11060.2627	10983.17578	11003.7627
2020-Ago-02 07:45:00.000	11015.00977	11062.44238	10981.87305	11000.69531
2020-Ago-02 08:00:00.000	10983.94434	11030.2373	10950.9668	10970.63672
2020-Ago-06 07:30:00.000	10984.76465	11034.09375	10951.92188	10968.28027
2020-Set-06 23:30:00.000	10988.66895	11027.37012	10945.9668	10992.6543
2020-Set-06 23:45:00.000	11001.86621	11040.98633	10957.25879	11007.3418
2020-Set-07 00:00:00.000	11013.22656	11052.44043	10970.0918	11017.16699
2020-Set-07 00:15:00.000	11015.32324	11052.69141	10971.05566	11022.23145
2020-Set-07 00:30:00.000	11002.72266	11037.48438	10959.72461	11010.94043
2020-Set-07 00:45:00.000	11008.45996	11041.87988	10966.71094	11016.79102
2020-Set-07 01:00:00.000	11008.7959	11042.57031	10966.63672	11017.16309
2020-Set-07 01:15:00.000	11018.0459	11051.82324	10976.11035	11026.21484
2020-Set-07 01:30:00.000	11020.95703	11055.33887	10978.06543	11029.48438
2020-Set-07 01:45:00.000	11027.85938	11062.34863	10985.20215	11036.02148
2020-Set-07 02:00:00.000	11032.9668	11067.97754	10991.31738	11039.61035
2020-Set-07 02:15:00.000	11031.0293	11065.08301	10989.70898	11038.26855
2020-Set-07 02:30:00.000	11024.95996	11059.96289	10982.85156	11032.05957
2020-Set-07 02:45:00.000	11034.43848	11068.91895	10992.16602	11042.2373
2020-Set-07 03:00:00.000	11040.19141	11073.6543	10998.93359	11047.97559
2020-Set-07 03:15:00.000	11034.40234	11068.98145	10991.65039	11042.58789
2020-Set-07 03:30:00.000	11019.56641	11053.90332	10977.71484	11027.09863
2020-Set-07 03:45:00.000	11018.16602	11052.59766	10976.1875	11025.70801
2020-Set-07 04:00:00.000	11016.19922	11050.27344	10973.79688	11024.49902
2020-Set-07 04:15:00.000	11005.8623	11038.94043	10963.89355	11014.75977
2020-Set-07 04:30:00.000	10998.7334	11032.32324	10957.87988	11005.96094
2020-Nov-17 01:00:00.000	10980.89063	11027.58398	10943.23535	10971.82422
2020-Nov-17 01:15:00.000	10983.44531	11029.6709	10945.60547	10975.0459

2020-Nov-17 01:30:00.000	10991.47754	11037.38184	10954.77148	10982.26855
2020-Nov-17 01:45:00.000	10996.17676	11042.20703	10959.86328	10986.4707
2020-Nov-17 02:00:00.000	11007.94531	11053.58398	10972.09375	10998.13379
2020-Nov-17 02:15:00.000	11013.59082	11059.39453	10977.09961	11004.27344
2020-Nov-17 02:30:00.000	11016.22852	11061.64258	10979.55566	11007.45898
2020-Nov-17 02:45:00.000	11015.69922	11060.28223	10980.12891	11006.69531
2020-Nov-17 03:00:00.000	11004.81152	11049.63379	10968.23438	10996.54785
2020-Nov-17 03:15:00.000	11005.14258	11049.96777	10968.83398	10996.64355
2020-Nov-17 03:30:00.000	11000.86523	11044.41113	10965.37207	10992.81348
2020-Nov-17 03:45:00.000	10994.55762	11039.29004	10958.75	10985.67188
2020-Nov-17 04:00:00.000	10993.97266	11038.92969	10959.33398	10983.65137
2020-Nov-17 04:15:00.000	10995.43652	11039.95898	10960.77734	10985.5791
2020-Nov-17 05:30:00.000	11001.06641	11047.38574	10965.25879	10990.54102
2020-Nov-17 05:45:00.000	11006.12598	11049.84863	10971.05371	10997.48633
2020-Nov-17 06:00:00.000	11023.3125	11067.96582	10987.78418	11014.18652
2020-Nov-17 06:15:00.000	11037.75781	11081.40234	11000.08594	11031.7832
2020-Nov-17 06:30:00.000	11032.70801	11081.48145	10993.01953	11023.59668
2020-Nov-17 06:45:00.000	11024.95313	11072.52441	10989.83789	11012.4834
2020-Nov-17 07:00:00.000	11019.03125	11065.88672	10979.91016	11011.30176
2021-Ene-24 02:00:00.000	10982.17773	11026.60645	10943.54492	10976.36523
2021-Ene-24 02:15:00.000	10983.7207	11027.29102	10945.2998	10978.5498
2021-Ene-24 03:30:00.000	10992.46973	11036.2168	10953.0459	10988.20215
2021-Ene-24 03:45:00.000	10992.55664	11036.94824	10952.68066	10988.03125
2021-Ene-24 04:00:00.000	10990.49414	11034.80859	10950.34668	10986.34082
2021-Ene-24 05:30:00.000	10985.77148	11029.58301	10947.67871	10980.0459
2021-Ene-24 05:45:00.000	10981.62988	11026.61914	10942.2002	10976.03418
2021-Ene-24 06:00:00.000	11006.41113	11054.41113	10967.10938	10997.72363
2021-Ene-24 06:15:00.000	11015.45703	11060.98926	10978.62402	11006.7627
2021-Ene-24 06:30:00.000	10995.52148	11039.59082	10957.81348	10989.13574
2021-Ene-24 06:45:00.000	11023.84668	11069.82031	10984.29492	11017.41992
2021-Ene-24 07:00:00.000	11024.52441	11072.53125	10986.12109	11014.8877
2021-Ene-24 07:15:00.000	11027.87988	11076.78711	10988.95898	11017.91602
2021-May-16 07:15:00.000	10994.55859	11043.2793	10959.94336	10980.42773
2021-Jun-26 02:00:00.000	10980.74805	11025.6875	10944.64648	10971.92676
2021-Jun-26 02:15:00.000	10982.36328	11027.28906	10945.77637	10974.02734
2021-Jun-26 02:30:00.000	10983.86426	11028.26953	10947.33008	10976.00488
2021-Jul-04 07:00:00.000	10978.37695	11026.44434	10946.36816	10962.30957
2021-Jul-18 01:45:00.000	10983.96484	11027.87695	10943.61914	10980.41602
2021-Jul-18 04:45:00.000	10982.43262	11026.50293	10941.08008	10979.71191
2021-Jul-18 05:00:00.000	10985.3252	11028.98145	10945.55566	10981.45703
2021-Jul-18 05:15:00.000	10989.70117	11033.00684	10950.18066	10985.92578
2021-Set-05 09:00:00.000	10961.37988	11051.92188	10931.36328	10900.84668
2021-Set-05 09:15:00.000	10962.52148	11049.58203	10935.25293	10902.71289

2021-Set-05 09:30:00.000	10939.91113	11026.95117	10908.00293	10884.79688
2021-Set-05 11:15:00.000	10940.71094	11030.82324	10906.05859	10885.2627
2021-Set-05 11:30:00.000	10946.87207	11030.81934	10914.65918	10895.12793
2021-Set-05 11:45:00.000	10943.05176	11027.87207	10906.05859	10895.23145
2021-Set-12 06:45:00.000	10973.44043	11026.36523	10932.95898	10960.99023
2021-Set-12 07:00:00.000	10983.80957	11038.36914	10944.32715	10968.74707
2021-Set-12 07:15:00.000	10985.99219	11044.5459	10944.12793	10969.29297
2021-Set-12 07:30:00.000	10976.25488	11035.63477	10934.08691	10959.02441
2021-Set-19 06:00:00.000	10983.06152	11026.57813	10952.89844	10969.71191
2021-Set-19 06:15:00.000	10987.19922	11033.65332	10954.85449	10973.07324
2021-Set-20 22:45:00.000	10987.40234	11036.79883	10957.51563	10967.88672
2021-Set-20 23:00:00.000	11018.13965	11066.48438	10988.45898	10999.48242
2021-Set-20 23:15:00.000	11006.89844	11054.44434	10977.87695	10988.37012
2021-Set-20 23:30:00.000	11006.50293	11055.05762	10975.9834	10988.46289
2021-Set-20 23:45:00.000	11021.03906	11066.55176	10991.08594	11005.49219
2021-Set-21 00:00:00.000	11040.50684	11086.12891	11010.68457	11024.71094
2021-Set-21 00:15:00.000	11053.21582	11099.38477	11022.33789	11037.9209
2021-Set-21 00:30:00.000	11058.96484	11104.37891	11028.32422	11044.17285
2021-Set-21 00:45:00.000	11068.27246	11113.44824	11038.39063	11052.98535
2021-Set-21 01:00:00.000	11071.5	11115.86035	11042.41113	11056.23047
2021-Set-21 01:15:00.000	11045.74316	11089.65625	11016.04004	11031.5293
2021-Set-21 01:30:00.000	11035.56738	11079.03809	11006.13867	11021.55371
2021-Set-21 01:45:00.000	11042.80078	11086.05762	11013.77441	11028.56348
2021-Set-26 06:00:00.000	10996.20313	11046.10742	10994.57813	10947.94824
2021-Set-26 07:00:00.000	10995.45996	11046.84961	10992.08301	10947.43652
2021-Set-26 07:15:00.000	11006.86133	11062.89648	11001.10254	10956.60156
2021-Set-26 07:30:00.000	10995.11426	11050.31445	10989.77148	10945.25488
2021-Set-26 23:00:00.000	10989.93555	11036.86816	10982.79688	10950.1377
2021-Set-26 23:15:00.000	10985.91992	11030.40137	10979.83594	10947.5166
2021-Set-26 23:30:00.000	10995.84375	11042.21973	10989.10352	10956.19141
2022-Mar-23 05:15:00.000	11032.96289	11077.91895	11003.16699	11017.80762
2022-Mar-23 05:30:00.000	11035.42969	11082.86621	11005.54688	11017.85352
2022-Mar-23 05:45:00.000	11018.42285	11065.9707	10989.2627	11000.04785
2022-Mar-23 06:00:00.000	11030.90234	11079.44434	11001.47559	11011.78809
2022-Mar-23 06:15:00.000	11034.21484	11082.8125	11006.54102	11013.2793
2022-Mar-23 06:30:00.000	11015.85449	11063.67578	10990.58789	10993.31445
2022-Mar-23 06:45:00.000	11002.89355	11052.63672	10979.35352	10976.71484
2022-Mar-23 07:00:00.000	10985.8623	11034.07227	10961.15234	10962.36035
2022-Jul-03 06:30:00.000	10981.17578	11032.30957	10945.91309	10965.28516
2022-Jul-03 06:45:00.000	10992.03418	11040.45898	10959.59082	10976.05078
2022-Jul-31 16:45:00.000	10995.6543	11054.4375	10987.94922	10944.57227
2022-Jul-31 17:00:00.000	10971.9707	11028.80176	10964.33887	10922.75977
2022-Jul-31 17:15:00.000	11014.81152	11074.46094	10998.01465	10971.96094

2022-Oct-04 23:15:00.000	10977.43457	11040.45996	10945.2666	10946.5498
2022-Oct-04 23:45:00.000	10976.43359	11037.89063	10943.7998	10947.64355
2022-Nov-01 06:30:00.000	10985.9248	11038.44141	10972.63086	10946.69922
2022-Nov-01 06:45:00.000	11039.31641	11092.20703	11025.03906	11000.6875
2022-Nov-01 07:00:00.000	11018.37402	11074.07031	11004.46191	10976.5791
2022-Dic-04 04:45:00.000	10989.17285	11032.12598	10954.28711	10981.10742
2022-Dic-04 05:00:00.000	10993.76758	11035.41016	10959.00977	10986.88184
2022-Dic-04 05:45:00.000	10982.67578	11026.36133	10948.55371	10973.12305
2022-Dic-04 06:15:00.000	10984.18359	11028.45117	10949.69141	10974.3877
2023-Feb-05 02:00:00.000	11008.22656	11043.63184	10965.75977	11015.29199
2023-Mar-12 07:15:00.000	10989.28711	11032.9502	10957.85938	10977.05469
2023-Jul-10 01:15:00.000	11068.23145	11026.69824	10992.28125	11019.58008
2023-Jul-10 01:30:00.000	11090.12695	11049.08301	11015.20996	11041.91211
2023-Jul-10 01:45:00.000	11098.94824	11056.54004	11021.48438	11049.2002
2023-Jul-10 02:00:00.000	11081.41699	11038.25293	11001.56738	11031.75684
2023-Jul-10 02:15:00.000	11084.02734	11042.21094	11007.89355	11034.69824
2023-Jul-10 02:30:00.000	11088.72559	11047.74902	11013.3457	11041.16406
2023-Jul-10 02:45:00.000	11079.78906	11037.4707	11002.82715	11029.81543
2023-Jul-10 03:00:00.000	11080.50879	11038.7666	11004.03223	11031.77637
2023-Jul-10 03:15:00.000	11096.05859	11053.34863	11017.42676	11046.55176
2023-Jul-10 03:30:00.000	11097.74707	11054.88574	11019.13867	11047.78906
2023-Jul-10 03:45:00.000	11097.36133	11055.8418	11019.31934	11050.84766
2023-Jul-10 04:00:00.000	11103.02148	11061.77734	11025.19141	11057.08984
2023-Jul-10 04:15:00.000	11088.72754	11046.61523	11009.21777	11041.87598
2023-Jul-10 04:30:00.000	11098.0918	11056.22754	11020.00586	11050.58203
2023-Jul-10 04:45:00.000	11108.52539	11067.74219	11033.85645	11060.83301
2023-Jul-10 05:00:00.000	11107.60254	11065.73535	11030.75098	11058.80469
2023-Jul-10 05:15:00.000	11098.30859	11056.64453	11019.17676	11052.4248
2023-Jul-10 05:30:00.000	11083.86133	11042.89551	11006.30957	11038.52344
2023-Jul-10 05:45:00.000	11073.61621	11032.62598	10997.75586	11026.50586
2023-Jul-10 06:15:00.000	11083.74414	11042.05078	11010.58984	11031.80859
2023-Jul-10 06:30:00.000	11118.77344	11072.44629	11036.5332	11062.06543
2023-Jul-10 06:45:00.000	11104.32422	11052.73633	11016.65234	11037.25195
2023-Jul-10 07:00:00.000	11076.63574	11028.95117	10996.50488	11013.71094
2023-Oct-08 04:30:00.000	11039.35165	11026.36112	11025.47156	10961.23438
2023-Oct-08 23:30:00.000	11034.7373	10988.16602	10981.15137	10948.60449
2023-Oct-08 23:45:00.000	11058.53125	11013.03418	11006.64355	10973.87988
2023-Oct-09 00:00:00.000	11086.40234	11040.02539	11024.71265	11008.44922
2023-Oct-09 00:15:00.000	11110.09863	11064.06738	11051.65039	11030.46582
2024-Mar-31 22:30:00.000	11007.37598	11044.66309	10998.23145	10979.25195
2024-Mar-31 22:45:00.000	11033.14453	11069.16797	11024.18262	11006.06152
2024-Abr-29 18:00:00.000	10974.73242	11026.99902	10929.92773	10967.24512
2024-Abr-29 18:15:00.000	10992.98242	11044.0791	10948.37402	10986.48242

2024-Abr-29 18:30:00.000	11011.86328	11064.30859	10965.7168	11005.57227
2024-Abr-29 18:45:00.000	11030.97656	11081.66992	10986.0166	11025.25488
2024-May-12 13:45:00.000	11037.32813	11077.85254	11008.00781	11026.10352
2024-May-12 14:00:00.000	11024.32422	11065.99902	10995.29688	11011.66211
2024-May-12 14:15:00.000	11026.95215	11068.9375	10996.68066	11015.20801
2024-Jul-20 12:45:00.000	11015.64325	10964.0546	10931.36551	10945.27527
2024-Jul-20 13:00:00.000	11045.42264	10998.0582	10966.96656	10981.67525
2024-Jul-20 13:15:00.000	11074.85543	11028.4656	10998.65158	11012.55221
2024-Jul-20 13:30:00.000	11079.01548	11030.5549	11000.09565	11012.77551
2024-Jul-20 13:45:00.000	11045.92564	11000.5583	10972.56252	10984.07542
2024-Jul-20 14:00:00.000	11034.76554	10989.0656	10960.75858	10971.67452
2024-Jul-20 14:15:00.000	11032.02554	10986.4156	10957.34757	10969.82774
2024-Oct-20 05:00:00.000	10998.11035	11036.9482	10981.13379	10976.26566
2025-Mar-31 17:30:00.000	11028.66113	11080.0127	11020.01563	10985.96648
2025-Apr-27 07:15:00.000	10972.09668	11027.3085	10935.62695	10973.34776

ANEXO 04. PERFIL DE POTENCIA REACTIVA DEL BANCO DE CAPACITORES DE 4X2.5 MVAR

Local Time	kVAR tot mean	Vll ab mean	Vll avg mean	Vll bc mean	Vll ca mean
2023-May-01 00:00:00.000	0	10769.84	10735.42	10694.42	10742.01
2023-May-01 00:15:00.000	0	10769.34	10737.23	10699.24	10743.11
2023-May-01 00:30:00.000	0	10763.97	10731.53	10691.71	10738.91
2023-May-01 00:45:00.000	0	10790.33	10758.44	10719.57	10765.43
2023-May-01 01:00:00.000	0	10806.27	10773.95	10734.18	10781.36
2023-May-01 01:15:00.000	0	10808.14	10776.08	10736.35	10783.75
2023-May-01 01:30:00.000	0	10800.61	10768.97	10729.04	10777.27
2023-May-01 01:45:00.000	0	10807.74	10776.29	10736.34	10784.76
2023-May-01 02:00:00.000	0	10813.4	10780.45	10740.03	10787.94
2023-May-01 02:15:00.000	0	10822.2	10790	10748.88	10798.92
2023-May-01 02:30:00.000	0	10821.65	10789.31	10748.78	10797.48
2023-May-01 02:45:00.000	0	10789.24	10757.06	10716.9	10765.02
2023-May-01 03:00:00.000	0	10783.35	10750.93	10711.39	10758.06
2023-May-01 03:15:00.000	0	10791.84	10759.42	10720.13	10766.3
2023-May-01 03:30:00.000	0	10775.31	10743.49	10703	10752.17
2023-May-01 03:45:00.000	0	10774.11	10742.65	10703.12	10750.72
2023-May-01 04:00:00.000	0	10770.68	10737.99	10698.74	10744.57
2023-May-01 04:15:00.000	0	10785.02	10751.99	10711.96	10758.96
2023-May-01 04:30:00.000	0	10785.3	10751.59	10709.98	10759.48
2023-May-01 04:45:00.000	0	10801.8	10768.9	10728.21	10776.67

2023-May-01 05:00:00.000	0	10785.62	10752.57	10711.47	10760.63
2023-May-01 05:15:00.000	0	10790.6	10758.33	10718.51	10765.91
2023-May-01 05:30:00.000	0	10751.78	10720.24	10679.21	10729.73
2023-May-01 05:45:00.000	0	10759.96	10728.14	10687.63	10736.83
2023-May-01 06:00:00.000	0	10773.31	10739.29	10698.93	10745.64
2023-May-01 06:15:00.000	0	10809.42	10773.3	10733.87	10776.62
2023-May-01 06:30:00.000	0	10821.04	10782.78	10741.91	10785.41
2023-May-01 06:45:00.000	0	10830.62	10792.85	10754.08	10793.83
2023-May-01 07:00:00.000	0	10815.14	10776.24	10736.28	10777.31
2023-May-01 07:15:00.000	0	10831.83	10795.02	10757.06	10796.16
2023-May-01 07:30:00.000	0	10814.38	10780.16	10742.84	10783.28
2023-May-01 07:45:00.000	0	10795.22	10759.95	10723.36	10761.28
2023-May-01 08:00:00.000	0	10731.12	10692.61	10654.83	10691.88
2023-May-01 08:15:00.000	0	10710.98	10673.55	10636.36	10673.32
2023-May-01 08:30:00.000	0	10708.37	10670.88	10634.17	10670.13
2023-May-01 08:45:00.000	0	10686	10650.12	10615.85	10648.51
2023-May-01 09:00:00.000	0	10686.4	10652.63	10619.09	10652.4
2023-May-01 09:15:00.000	0	10668.67	10633.46	10598.64	10633.09
2023-May-01 09:30:00.000	0	10661.36	10625.51	10589.38	10625.79
2023-May-01 09:45:00.000	0	10660.67	10625.09	10591.65	10622.94
2023-May-01 10:00:00.000	0	10651.78	10613.89	10575.58	10614.3
2023-May-01 10:15:00.000	0	10672.79	10636.92	10596.6	10641.37
2023-May-01 10:30:00.000	0	10690.04	10652.41	10615.27	10651.93
2023-May-01 10:45:00.000	0	10700.01	10659.49	10618.57	10659.84
2023-May-01 11:00:00.000	0	10682.46	10647.75	10609.79	10651
2023-May-01 11:15:00.000	0	10670.85	10636.11	10604.04	10633.44
2023-May-01 11:30:00.000	0	10667.76	10631.27	10596.86	10629.18
2023-May-01 11:45:00.000	0	10660.57	10623.12	10592	10616.79
2023-May-01 12:00:00.000	0	10690.32	10656.91	10631.37	10649.06
2023-May-01 12:15:00.000	0	10695.2	10657.7	10622.71	10655.2
2023-May-01 12:30:00.000	0	10700.74	10664.93	10629.33	10664.74
2023-May-01 12:45:00.000	0	10698.09	10662.54	10628.53	10660.95
2023-May-01 13:00:00.000	0	10694.34	10657.52	10620.12	10658.11
2023-May-01 13:15:00.000	0	10694.15	10658.75	10622.22	10659.87
2023-May-01 13:30:00.000	0	10692.98	10657.93	10622.05	10658.74
2023-May-01 13:45:00.000	0	10688	10653.62	10618.17	10654.69
2023-May-01 14:00:00.000	0	10687.96	10654.09	10620.77	10653.53
2023-May-01 14:15:00.000	0	10703	10664	10627.96	10661.01
2023-May-01 14:30:00.000	0	10698.64	10661.69	10624.1	10662.35
2023-May-01 14:45:00.000	0	10700.51	10663.68	10627.57	10662.92
2023-May-01 15:00:00.000	0	10694.94	10660.39	10625.52	10660.72
2023-May-01 15:15:00.000	0	10695.5	10660.56	10625.27	10660.89
2023-May-01 15:30:00.000	0	10705.67	10670.88	10634.11	10672.88

2023-May-01 15:45:00.000	0	10709.16	10673.6	10639.23	10672.4
2023-May-01 16:00:00.000	0	10703.83	10667.24	10630.45	10667.44
2023-May-01 16:15:00.000	0	10676.24	10638.22	10599.45	10638.96
2023-May-01 16:30:00.000	0	10668.98	10633.17	10597.31	10633.24
2023-May-01 16:45:00.000	0	10651.96	10617.96	10580.48	10621.46
2023-May-01 17:00:00.000	0	10651.01	10617.18	10582.28	10618.24
2023-May-01 17:15:00.000	0	10637.66	10602.87	10564.81	10606.1
2023-May-01 17:30:00.000	0	10604.99	10571.71	10535.5	10574.61
2023-May-01 17:45:00.000	0	10540.7	10505.3	10468.18	10507.01
2023-May-01 18:00:00.000	0	10493.81	10459.79	10422.81	10462.76
2023-May-01 18:15:00.000	0	10463.03	10428.14	10391.1	10430.28
2023-May-01 18:30:00.000	0	10478.52	10447.09	10414.02	10448.74
2023-May-01 18:45:00.000	0	10484.96	10450.87	10416.63	10451.04
2023-May-01 19:00:00.000	-5.90E-05	10529.29	10493.75	10460.6	10491.37
2023-May-01 19:15:00.000	0	10630.63	10591.55	10553.54	10590.47
2023-May-01 19:30:00.000	0	10627.42	10589.91	10556.62	10585.7
2023-May-01 19:45:00.000	0	10640.69	10601.49	10566.52	10597.26
2023-May-01 20:00:00.000	0	10644.33	10605.32	10570.37	10601.24
2023-May-01 20:15:00.000	0	10653.55	10616.76	10582.13	10614.59
2023-May-01 20:30:00.000	0	10661.55	10623.89	10588.22	10621.91
2023-May-01 20:45:00.000	0	10664.79	10627.6	10591.61	10626.46
2023-May-01 21:00:00.000	0	10648	10607.01	10569.83	10603.19
2023-May-01 21:15:00.000	0	10663.82	10626.37	10588.63	10626.62
2023-May-01 21:30:00.000	0	10676.95	10638.85	10600.64	10638.93
2023-May-01 21:45:00.000	0	10715.03	10675.99	10638.48	10674.46
2023-May-01 22:00:00.000	0	10743.14	10706.16	10667.16	10708.16
2023-May-01 22:15:00.000	0	10764.09	10725.14	10682.42	10728.91
2023-May-01 22:30:00.000	0	10806.34	10766.26	10725.08	10767.38
2023-May-01 22:45:00.000	0	10812.73	10773.6	10731.97	10776.13
2023-May-01 23:00:00.000	0	10832.42	10795.23	10755.07	10798.18
2023-May-01 23:15:00.000	0	10838.83	10803.05	10764.11	10806.2
2023-May-01 23:30:00.000	0	10841.48	10806.05	10766.53	10810.15
2023-May-01 23:45:00.000	0	10861.51	10825.39	10785.28	10829.39
2023-Jul-10 00:00:00.000	0	10967.73	10937.63	10910.64	10934.5
2023-Jul-10 00:15:00.000	0	10979.63	10950.04	10922.81	10947.71
2023-Jul-10 00:30:00.000	0	10994.14	10963.35	10935.34	10960.58
2023-Jul-10 00:45:00.000	0	11023.1	10992.37	10965.95	10988.07
2023-Jul-10 01:00:00.000	0	11024.67	10994.77	10966.78	10992.88
2023-Jul-10 01:15:00.000	0	11036.91	11006.64	10978.48	11004.55
2023-Jul-10 01:30:00.000	0	11058.93	11029.11	11001.48	11026.93
2023-Jul-10 01:45:00.000	0	11067.69	11036.47	11007.62	11034.12
2023-Jul-10 02:00:00.000	0	11050.08	11018.17	10987.72	11016.69
2023-Jul-10 02:15:00.000	0	11052.8	11022.2	10994.14	11019.71

2023-Jul-10 02:30:00.000	0	11057.41	11027.66	10999.5	11026.07
2023-Jul-10 02:45:00.000	0	11048.48	11017.43	10989.02	11014.78
2023-Jul-10 03:00:00.000	0	11049.24	11018.74	10990.22	11016.75
2023-Jul-10 03:15:00.000	0	11064.83	11033.34	11003.67	11031.53
2023-Jul-10 03:30:00.000	0	11066.48	11034.83	11005.3	11032.71
2023-Jul-10 03:45:00.000	0	11066.07	11035.76	11005.49	11035.74
2023-Jul-10 04:00:00.000	0	11071.82	11041.74	11011.38	11042.01
2023-Jul-10 04:15:00.000	0	11057.44	11026.54	10995.36	11026.81
2023-Jul-10 04:30:00.000	0	11066.81	11036.15	11006.1	11035.52
2023-Jul-10 04:45:00.000	0	11077.34	11047.73	11020.01	11045.8
2023-Jul-10 05:00:00.000	0	11076.33	11045.65	11016.86	11043.73
2023-Jul-10 05:15:00.000	0	11067.03	11036.55	11005.29	11037.34
2023-Jul-10 05:30:00.000	0	11052.59	11022.88	10992.51	11023.53
2023-Jul-10 05:45:00.000	0	11042.29	11012.53	10983.86	11011.45
2023-Jul-10 06:00:00.000	0	11029.64	10999.58	10972.91	10996.16
2023-Jul-10 06:15:00.000	0	11052.52	11022.04	10996.71	11016.89
2023-Jul-10 06:30:00.000	0	11087.62	11052.44	11022.56	11047.17
2023-Jul-10 06:45:00.000	0	11073.1	11032.7	11002.6	11022.42
2023-Jul-10 07:00:00.000	0	11045.43	11008.97	10982.52	10998.98
2023-Jul-10 07:15:00.000	0	11023.2	10984.25	10953.02	10976.52
2023-Jul-10 07:30:00.000	0	10764.31	10728.89	10699.42	10722.93
2023-Jul-10 07:45:00.000	0	10764.75	10729.81	10701.14	10723.54
2023-Jul-10 08:00:00.000	0	10769.44	10734.33	10709.41	10724.13
2023-Jul-10 08:15:00.000	0	10755.63	10720.03	10691.57	10712.88
2023-Jul-10 08:30:00.000	0	10726.36	10688.75	10657.54	10682.34
2023-Jul-10 08:45:00.000	0	10700.78	10663.31	10632.99	10656.13
2023-Jul-10 09:00:00.000	0	10683.93	10649.32	10623.44	10640.58
2023-Jul-10 09:15:00.000	0	10637.94	10605.06	10579.39	10597.84
2023-Jul-10 09:30:00.000	0	10611.62	10583.66	10557.12	10582.26
2023-Jul-10 09:45:00.000	-2212.58	10671.39	10641	10616.33	10635.29
2023-Jul-10 10:00:00.000	-2413.94	10670.94	10639.08	10613.47	10632.85
2023-Jul-10 10:15:00.000	-2414.34	10679.78	10645.69	10620.27	10637
2023-Jul-10 10:30:00.000	-2409.44	10671.1	10639.87	10613.41	10635.11
2023-Jul-10 10:45:00.000	-2400.22	10654.02	10623.98	10597.79	10620.14
2023-Jul-10 11:00:00.000	-2401.12	10660.04	10629.11	10603.79	10623.54
2023-Jul-10 11:15:00.000	-2395.69	10654.2	10622.63	10596.78	10616.94
2023-Jul-10 11:30:00.000	-2396.31	10660.61	10627.18	10599.93	10620.95
2023-Jul-10 11:45:00.000	-2399.18	10671.82	10636.35	10606.21	10631.01
2023-Jul-10 12:00:00.000	-2393.84	10661.24	10628.64	10601.36	10623.35
2023-Jul-10 12:15:00.000	-2376.17	10627.45	10591.98	10563.13	10585.36
2023-Jul-10 12:30:00.000	-2379.04	10633.44	10601.36	10572.86	10597.77
2023-Jul-10 12:45:00.000	-2383.44	10644.98	10613.1	10587.23	10607.09
2023-Jul-10 13:00:00.000	-4109.99	10714.03	10684.36	10662.13	10676.91

2023-Jul-10 13:15:00.000	-4873.45	10757.95	10731.74	10709.52	10727.74
2023-Jul-10 13:30:00.000	-4876.64	10765.01	10736.51	10714.69	10729.81
2023-Jul-10 13:45:00.000	-3333.1	10721.55	10691.14	10667.22	10684.68
2023-Jul-10 14:00:00.000	-2387.68	10667.32	10639.22	10613.79	10636.54
2023-Jul-10 14:15:00.000	-2375.9	10648.56	10616.9	10591.07	10611.05
2023-Jul-10 14:30:00.000	-2362.42	10622.19	10591.84	10565.29	10588.06
2023-Jul-10 14:45:00.000	-4561.83	10682.81	10650.92	10625.04	10644.91
2023-Jul-10 15:00:00.000	-4790.2	10690.02	10655.87	10629.38	10648.22
2023-Jul-10 15:15:00.000	-4807.75	10711.43	10678.15	10652.96	10670.06
2023-Jul-10 15:30:00.000	-4808.13	10713.62	10682.07	10657.42	10675.15
2023-Jul-10 15:45:00.000	-4804.59	10712.4	10680.62	10655.95	10673.48
2023-Jul-10 16:00:00.000	-4796.73	10707.68	10674.95	10649.72	10667.45
2023-Jul-10 16:15:00.000	-4782.94	10694.39	10662.01	10635.83	10655.81
2023-Jul-10 16:30:00.000	-4775.37	10687.79	10656.09	10629.64	10650.8
2023-Jul-10 16:45:00.000	-4769.17	10684.32	10651.46	10625.21	10644.87
2023-Jul-10 17:00:00.000	-4774.52	10690.94	10658.94	10634.5	10651.39
2023-Jul-10 17:15:00.000	-4778.81	10699.42	10665.59	10640.58	10656.74
2023-Jul-10 17:30:00.000	-4767.72	10688.74	10655.12	10628.82	10647.8
2023-Jul-10 17:45:00.000	-4738.86	10657.11	10624.23	10595.58	10619.99
2023-Jul-10 18:00:00.000	-3464.33	10764.52	10734.46	10712.91	10725.94
2023-Jul-10 18:15:00.000	-2392.54	10730.58	10697.38	10672.95	10688.58
2023-Jul-10 18:30:00.000	-2387.11	10729.63	10692.29	10666.81	10680.43
2023-Jul-10 18:45:00.000	-2394.77	10746.16	10710.67	10687.67	10698.21
2023-Jul-10 19:00:00.000	-2397.06	10748.98	10712.32	10690.12	10697.86
2023-Jul-10 19:15:00.000	-2401.54	10761.96	10725.15	10704.08	10709.43
2023-Jul-10 19:30:00.000	-2401.59	10762.87	10726.91	10706.75	10711.09
2023-Jul-10 19:45:00.000	-2401.63	10766.37	10727.13	10705.79	10709.22
2023-Jul-10 20:00:00.000	-2401.49	10767.89	10728.83	10705.6	10713.01
2023-Jul-10 20:15:00.000	-2407.19	10778.9	10742.12	10722.04	10725.38
2023-Jul-10 20:30:00.000	-2416.14	10799.67	10763.08	10742.84	10746.71
2023-Jul-10 20:45:00.000	-2416.97	10802.1	10765.88	10745.77	10749.78
2023-Jul-10 21:00:00.000	-2422.29	10815.97	10778.33	10757.4	10761.65
2023-Jul-10 21:15:00.000	-2421.52	10810.39	10773.36	10752.45	10757.26
2023-Jul-10 21:30:00.000	-2415.09	10791.59	10757.04	10736.25	10743.29
2023-Jul-10 21:45:00.000	-2405.01	10772.46	10734.76	10710.43	10721.39
2023-Jul-10 22:00:00.000	-2421.56	10808.18	10773.4	10750.61	10761.42
2023-Jul-10 22:15:00.000	-2439	10850.34	10816.96	10794.22	10806.33
2023-Jul-10 22:30:00.000	-2449.13	10871.27	10838.64	10814.19	10830.44
2023-Jul-10 22:45:00.000	-2466.43	10902.54	10872.44	10849.1	10865.67
2023-Jul-10 23:00:00.000	-2471.27	10917.45	10886.33	10860.47	10881.07
2023-Jul-10 23:15:00.000	-2469.95	10917.01	10886.99	10862.88	10881.1
2023-Jul-10 23:30:00.000	-2469.38	10917.43	10887.12	10862.16	10881.81
2023-Jul-10 23:45:00.000	-2158.53	10915.69	10886.48	10862.94	10880.79

ANEXO 05. PERFIL DE POTENCIA REACTIVA DEL BANCO DE CAPACITORES DE 3X3.75 MVAR

Local Time	kVAR tot mean	Vll ab mean	Vll avg mean	Vll bc mean	Vll ca mean
2023-May-01 00:00:00.000	0	10793.28	10747.73	10706.2	10743.73
2023-May-01 00:15:00.000	0	10792.83	10749.57	10711.03	10744.89
2023-May-01 00:30:00.000	0	10787.42	10743.82	10703.45	10740.62
2023-May-01 00:45:00.000	0	10813.71	10770.7	10731.31	10767.09
2023-May-01 01:00:00.000	0	10829.54	10786.14	10745.91	10782.98
2023-May-01 01:15:00.000	0	10831.42	10788.28	10748.09	10785.32
2023-May-01 01:30:00.000	0	10823.92	10781.19	10740.79	10778.88
2023-May-01 01:45:00.000	0	10831.05	10788.48	10748.13	10786.3
2023-May-01 02:00:00.000	0	10836.71	10792.72	10751.9	10789.52
2023-May-01 02:15:00.000	0	10845.47	10802.21	10760.72	10800.45
2023-May-01 02:30:00.000	0	10844.89	10801.5	10760.62	10798.99
2023-May-01 02:45:00.000	0	10812.58	10769.33	10728.77	10766.62
2023-May-01 03:00:00.000	0	10806.69	10763.17	10723.22	10759.6
2023-May-01 03:15:00.000	0	10815.11	10771.63	10731.97	10767.83
2023-May-01 03:30:00.000	0	10798.64	10755.73	10714.85	10753.72
2023-May-01 03:45:00.000	0	10797.43	10754.87	10714.98	10752.22
2023-May-01 04:00:00.000	0	10793.93	10750.19	10710.56	10746.09
2023-May-01 04:15:00.000	0	10808.19	10764.09	10723.67	10760.38
2023-May-01 04:30:00.000	0	10808.52	10763.74	10721.77	10760.92
2023-May-01 04:45:00.000	0	10825.01	10781.08	10740.04	10778.21
2023-May-01 05:00:00.000	0	10808.9	10764.75	10723.19	10762.16
2023-May-01 05:15:00.000	0	10813.81	10770.51	10730.27	10767.45
2023-May-01 05:30:00.000	0	10775	10732.38	10690.88	10731.23
2023-May-01 05:45:00.000	0	10783.22	10740.3	10699.35	10738.33
2023-May-01 06:00:00.000	0	10796.53	10751.45	10710.72	10747.09
2023-May-01 06:15:00.000	0	10832.51	10785.38	10745.75	10777.86
2023-May-01 06:30:00.000	0	10844.13	10794.89	10753.89	10786.63
2023-May-01 06:45:00.000	0	10853.67	10804.91	10766	10795.02
2023-May-01 07:00:00.000	0	10838.35	10788.43	10748.25	10778.68
2023-May-01 07:15:00.000	0	10855.12	10807.25	10769.05	10797.57
2023-May-01 07:30:00.000	0	10837.83	10792.51	10754.92	10784.83
2023-May-01 07:45:00.000	0	10818.94	10772.55	10735.6	10763.12
2023-May-01 08:00:00.000	0	10755.05	10705.32	10667.07	10693.83
2023-May-01 08:15:00.000	0	10734.97	10686.27	10648.57	10675.29
2023-May-01 08:30:00.000	0	10732.31	10683.59	10646.4	10672.07
2023-May-01 08:45:00.000	0	10710.01	10662.86	10628.06	10650.51
2023-May-01 09:00:00.000	0	10710.42	10665.4	10631.35	10654.41

2023-May-01 09:15:00.000	0	10692.81	10646.27	10610.92	10635.1
2023-May-01 09:30:00.000	0	10685.65	10638.44	10601.76	10627.96
2023-May-01 09:45:00.000	0	10685.03	10638.09	10604.05	10625.2
2023-May-01 10:00:00.000	0	10676.24	10626.95	10588	10616.62
2023-May-01 10:15:00.000	0	10697.26	10649.98	10609.03	10643.65
2023-May-01 10:30:00.000	0	10714.53	10665.53	10627.76	10654.33
2023-May-01 10:45:00.000	0	10724.49	10672.58	10631.05	10662.24
2023-May-01 11:00:00.000	0	10707.03	10660.95	10622.32	10653.48
2023-May-01 11:15:00.000	0	10695.42	10649.29	10616.55	10635.91
2023-May-01 11:30:00.000	0	10692.38	10644.48	10609.4	10631.68
2023-May-01 11:45:00.000	0	10685.15	10636.26	10604.46	10619.2
2023-May-01 12:00:00.000	0	10714.73	10669.96	10643.76	10651.38
2023-May-01 12:15:00.000	0	10719.59	10670.72	10635.08	10657.49
2023-May-01 12:30:00.000	0	10725.13	10677.96	10641.72	10667.04
2023-May-01 12:45:00.000	0	10722.53	10675.57	10640.9	10663.3
2023-May-01 13:00:00.000	0	10718.65	10670.49	10632.45	10660.38
2023-May-01 13:15:00.000	0	10718.47	10671.71	10634.55	10662.11
2023-May-01 13:30:00.000	0	10717.33	10670.9	10634.36	10661.01
2023-May-01 13:45:00.000	0	10712.34	10666.61	10630.5	10656.95
2023-May-01 14:00:00.000	0	10712.25	10667.05	10633.08	10655.79
2023-May-01 14:15:00.000	0	10727.37	10677.03	10640.35	10663.38
2023-May-01 14:30:00.000	0	10722.87	10674.6	10636.38	10664.56
2023-May-01 14:45:00.000	0	10724.85	10676.67	10639.97	10665.17
2023-May-01 15:00:00.000	0	10719.21	10673.31	10637.86	10662.9
2023-May-01 15:15:00.000	0	10719.8	10673.5	10637.64	10663.08
2023-May-01 15:30:00.000	0	10729.88	10683.77	10646.4	10675.01
2023-May-01 15:45:00.000	0	10733.34	10686.43	10651.51	10674.46
2023-May-01 16:00:00.000	0	10728	10680.09	10642.76	10669.5
2023-May-01 16:15:00.000	0	10700.43	10651.1	10611.8	10641.04
2023-May-01 16:30:00.000	0	10693.19	10646.04	10609.61	10635.35
2023-May-01 16:45:00.000	0	10676.21	10630.85	10592.75	10623.61
2023-May-01 17:00:00.000	0	10675.26	10630.07	10594.55	10620.38
2023-May-01 17:15:00.000	0	10661.91	10615.75	10577.05	10608.26
2023-May-01 17:30:00.000	0	10629.31	10584.65	10547.76	10576.87
2023-May-01 17:45:00.000	0	10565.12	10518.26	10480.29	10509.39
2023-May-01 18:00:00.000	0	10518.29	10472.77	10434.86	10465.16
2023-May-01 18:15:00.000	0	10487.58	10441.17	10403.21	10432.72
2023-May-01 18:30:00.000	0	10502.99	10460.07	10426.09	10451.12
2023-May-01 18:45:00.000	0	10509.42	10463.81	10428.66	10453.36
2023-May-01 19:00:00.000	-671.191	10553.71	10506.73	10472.67	10493.78
2023-May-01 19:15:00.000	-3761.18	10655.13	10604.7	10565.78	10593.2
2023-May-01 19:30:00.000	-3759.97	10651.91	10603.05	10568.84	10588.39
2023-May-01 19:45:00.000	-3767.97	10665.16	10614.63	10578.79	10599.96

2023-May-01 20:00:00.000	-3770.73	10668.77	10618.44	10582.6	10603.94
2023-May-01 20:15:00.000	-3778.59	10677.96	10629.89	10594.41	10617.29
2023-May-01 20:30:00.000	-3783.12	10685.9	10636.95	10600.44	10624.51
2023-May-01 20:45:00.000	-3785.01	10689.08	10640.64	10603.8	10629.07
2023-May-01 21:00:00.000	-3769.58	10672.34	10620.08	10582.04	10605.88
2023-May-01 21:15:00.000	-3785.58	10688.11	10639.42	10600.85	10629.27
2023-May-01 21:30:00.000	-3792.56	10701.15	10651.82	10612.83	10641.46
2023-May-01 21:45:00.000	-3819.69	10739.17	10688.91	10650.68	10676.91
2023-May-01 22:00:00.000	-3841.08	10767.27	10719.12	10679.42	10710.68
2023-May-01 22:15:00.000	-3853.78	10788.1	10738.02	10694.59	10731.37
2023-May-01 22:30:00.000	-3883.86	10830.22	10779.05	10737.24	10769.71
2023-May-01 22:45:00.000	-3889.45	10836.61	10786.39	10744.11	10778.44
2023-May-01 23:00:00.000	-3905.28	10856.25	10807.98	10767.23	10800.49
2023-May-01 23:15:00.000	-3912.67	10862.62	10815.77	10776.26	10808.46
2023-May-01 23:30:00.000	-3913.52	10865.25	10818.75	10778.66	10812.38
2023-May-01 23:45:00.000	-3930.72	10885.29	10838.14	10797.47	10831.65
2023-Jul-10 00:00:00.000	-8038.67	10991.34	10950.29	10922.54	10936.98
2023-Jul-10 00:15:00.000	-8059.44	11003.3	10962.79	10934.77	10950.26
2023-Jul-10 00:30:00.000	-8077.2	11017.66	10975.95	10947.21	10962.99
2023-Jul-10 00:45:00.000	-8122.38	11046.61	11005.02	10977.88	10990.56
2023-Jul-10 01:00:00.000	-8126.44	11048.17	11007.4	10978.67	10995.34
2023-Jul-10 01:15:00.000	-8143.66	11060.42	11019.3	10990.42	11007.04
2023-Jul-10 01:30:00.000	-8177.53	11082.34	11041.69	11013.35	11029.36
2023-Jul-10 01:45:00.000	-8188.88	11091.2	11049.14	11019.65	11036.61
2023-Jul-10 02:00:00.000	-8161.19	11073.64	11030.87	10999.73	11019.23
2023-Jul-10 02:15:00.000	-8168.09	11076.26	11034.83	11006.07	11022.17
2023-Jul-10 02:30:00.000	-8177.79	11080.93	11040.32	11011.48	11028.58
2023-Jul-10 02:45:00.000	-8160.98	11071.99	11030.06	11000.96	11017.24
2023-Jul-10 03:00:00.000	-8164.03	11072.73	11031.4	11002.2	11019.25
2023-Jul-10 03:15:00.000	-8187.85	11088.24	11045.92	11015.55	11033.97
2023-Jul-10 03:30:00.000	-8187.74	11089.91	11047.42	11017.23	11035.14
2023-Jul-10 03:45:00.000	-8190.11	11089.5	11048.35	11017.4	11038.17
2023-Jul-10 04:00:00.000	-8204.08	11095.19	11054.3	11023.28	11044.46
2023-Jul-10 04:15:00.000	-8178.49	11080.85	11039.13	11007.3	11029.24
2023-Jul-10 04:30:00.000	-8193.36	11090.23	11048.72	11018.07	11037.9
2023-Jul-10 04:45:00.000	-8221.74	11100.68	11060.26	11031.96	11048.17
2023-Jul-10 05:00:00.000	-8213.72	11099.74	11058.24	11028.83	11046.14
2023-Jul-10 05:15:00.000	-8192.25	11090.45	11049.15	11017.26	11039.74
2023-Jul-10 05:30:00.000	-8171.73	11076.02	11035.45	11004.42	11025.93
2023-Jul-10 05:45:00.000	-8155.79	11065.77	11025.19	10995.86	11013.94
2023-Jul-10 06:00:00.000	-8136.11	11053.08	11012.19	10984.87	10998.61
2023-Jul-10 06:15:00.000	-8174.5	11075.9	11034.61	11008.7	11019.25
2023-Jul-10 06:30:00.000	-8218.16	11110.93	11064.99	11034.66	11049.4

2023-Jul-10 06:45:00.000	-8186.02	11096.44	11045.29	11014.79	11024.65
2023-Jul-10 07:00:00.000	-8154.87	11068.72	11021.48	10994.61	11001.1
2023-Jul-10 07:15:00.000	-8056.62	11047	10997.23	10965.57	10979.13
2023-Jul-10 07:30:00.000	0	10787.53	10741.01	10711.13	10724.39
2023-Jul-10 07:45:00.000	0	10788.08	10742.01	10712.93	10725.01
2023-Jul-10 08:00:00.000	0	10792.9	10746.62	10721.33	10725.66
2023-Jul-10 08:15:00.000	0	10779.14	10732.4	10703.53	10714.55
2023-Jul-10 08:30:00.000	0	10750.1	10701.28	10669.59	10684.17
2023-Jul-10 08:45:00.000	0	10724.52	10675.77	10644.92	10657.9
2023-Jul-10 09:00:00.000	0	10707.75	10661.82	10635.33	10642.36
2023-Jul-10 09:15:00.000	0	10661.91	10617.65	10591.31	10599.75
2023-Jul-10 09:30:00.000	0	10635.67	10596.29	10568.99	10584.21
2023-Jul-10 09:45:00.000	0	10695.33	10653.49	10628.01	10637.11
2023-Jul-10 10:00:00.000	0	10694.96	10651.61	10625.16	10634.69
2023-Jul-10 10:15:00.000	0	10703.85	10658.26	10632.05	10638.9
2023-Jul-10 10:30:00.000	0	10695.34	10652.61	10625.32	10637.19
2023-Jul-10 10:45:00.000	0	10678.34	10636.76	10609.69	10622.25
2023-Jul-10 11:00:00.000	0	10684.3	10641.89	10615.68	10625.66
2023-Jul-10 11:15:00.000	0	10678.5	10635.43	10608.74	10619.06
2023-Jul-10 11:30:00.000	0	10684.93	10639.96	10611.86	10623.08
2023-Jul-10 11:45:00.000	0	10696.02	10649.03	10618.06	10633
2023-Jul-10 12:00:00.000	0	10685.59	10641.47	10613.35	10625.46
2023-Jul-10 12:15:00.000	0	10651.71	10604.69	10574.95	10587.39
2023-Jul-10 12:30:00.000	0	10657.71	10614.09	10584.72	10599.86
2023-Jul-10 12:45:00.000	0	10669.17	10625.77	10599.04	10609.1
2023-Jul-10 13:00:00.000	0	10738.07	10696.93	10673.9	10678.83
2023-Jul-10 13:15:00.000	0	10782.03	10744.36	10721.33	10729.72
2023-Jul-10 13:30:00.000	0	10789.04	10749.11	10726.49	10731.79
2023-Jul-10 13:45:00.000	0	10745.8	10703.94	10679.19	10686.8
2023-Jul-10 14:00:00.000	0	10691.48	10651.9	10625.68	10638.5
2023-Jul-10 14:15:00.000	0	10672.83	10629.66	10603	10613.14
2023-Jul-10 14:30:00.000	0	10646.52	10604.64	10577.21	10590.19
2023-Jul-10 14:45:00.000	0	10706.95	10663.53	10636.75	10646.9
2023-Jul-10 15:00:00.000	0	10714.22	10668.55	10641.12	10650.29
2023-Jul-10 15:15:00.000	0	10735.61	10690.8	10664.7	10672.08
2023-Jul-10 15:30:00.000	0	10737.79	10694.76	10669.21	10677.25
2023-Jul-10 15:45:00.000	0	10736.57	10693.3	10667.74	10675.59
2023-Jul-10 16:00:00.000	0	10731.91	10687.68	10661.56	10669.58
2023-Jul-10 16:15:00.000	0	10718.64	10674.75	10647.65	10657.95
2023-Jul-10 16:30:00.000	0	10712.02	10668.8	10641.45	10652.95
2023-Jul-10 16:45:00.000	0	10708.52	10664.15	10636.99	10646.95
2023-Jul-10 17:00:00.000	0	10715.1	10671.61	10646.25	10653.49
2023-Jul-10 17:15:00.000	0	10723.57	10678.25	10652.38	10658.81

2023-Jul-10 17:30:00.000	0	10712.94	10667.79	10640.59	10649.83
2023-Jul-10 17:45:00.000	-986.68	10681.35	10636.91	10607.19	10622.19
2023-Jul-10 18:00:00.000	-3863.5	10788.9	10747.42	10724.68	10728.66
2023-Jul-10 18:15:00.000	-3833.93	10755.02	10710.38	10684.82	10691.3
2023-Jul-10 18:30:00.000	-3826.22	10753.98	10705.23	10678.62	10683.09
2023-Jul-10 18:45:00.000	-3839.36	10770.49	10723.59	10699.48	10700.81
2023-Jul-10 19:00:00.000	-3843.84	10773.31	10725.24	10701.97	10700.49
2023-Jul-10 19:15:00.000	-3851.77	10786.21	10738	10715.85	10711.95
2023-Jul-10 19:30:00.000	-3852.63	10787.18	10739.87	10718.66	10713.75
2023-Jul-10 19:45:00.000	-3853.4	10790.59	10739.97	10717.6	10711.74
2023-Jul-10 20:00:00.000	-3853.95	10792.12	10741.71	10717.45	10715.56
2023-Jul-10 20:15:00.000	-3863.83	10803.05	10754.91	10733.83	10727.86
2023-Jul-10 20:30:00.000	-3878.94	10823.69	10775.79	10754.58	10749.08
2023-Jul-10 20:45:00.000	-3881.04	10826.19	10778.64	10757.58	10752.17
2023-Jul-10 21:00:00.000	-3890.2	10839.97	10791.06	10769.2	10763.99
2023-Jul-10 21:15:00.000	-3889.52	10834.43	10786.13	10764.31	10759.65
2023-Jul-10 21:30:00.000	-3879.74	10815.74	10769.9	10748.19	10745.77
2023-Jul-10 21:45:00.000	-3863.85	10796.41	10747.44	10722.27	10723.66
2023-Jul-10 22:00:00.000	-3890.92	10832.09	10786.05	10762.42	10763.65
2023-Jul-10 22:15:00.000	-3919.45	10874.18	10829.56	10806.01	10808.45
2023-Jul-10 22:30:00.000	-3936.07	10894.98	10851.13	10825.93	10832.51
2023-Jul-10 22:45:00.000	-3964.27	10926.18	10884.92	10860.77	10867.79
2023-Jul-10 23:00:00.000	-3972.63	10941.15	10898.91	10872.24	10883.33
2023-Jul-10 23:15:00.000	-3970.8	10940.64	10899.48	10874.55	10883.25
2023-Jul-10 23:30:00.000	-3970.34	10941.07	10899.65	10873.86	10884.03
2023-Jul-10 23:45:00.000	-3525.2	10939.73	10899.38	10875.02	10883.35

ANEXO 06. PANEL FOTOGRAFICO DE VISITA TECNICA DE TESISTAS Y DICTAMINANTES EN LA S.E DOLORESPATA.

ANEXO 6.1 CENTRO DE CONTROL DE LA S.E. DOLORESPATA – EGEMSA



NOTA: EGEMSA

**ANEXO 6.2 CELDAS DE LOS EQUIPOS DE MEDICION DE LA BARRA 10.5KV S,E
DOLORESPATA.**



NOTA: EGEMSA

**ANEXO 6.3 TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 138/11.5 KV (SIN TAPS DE
REGULACION AUTOMATICO)**



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.4 BARRA DE DISTRIBUCION EN 10.5 KV – DOLORESPATA.



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.5 BANCO DE CAPACITORES DE 3X3.75 MVAR – DOLORESPATA.



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.6 BANCO DE CAPACITORES N°1 DE 2.5 MVAR - DOLORESPATA



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.7 BANCO DE CAPACITORES N°2 DE 2.5 MVAR - DOLORESPATA



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.8 BANCO DE CAPACITORES N°3 DE 2.5 MVAR - DOLORESPATA



NOTA: EGEMSA

ANEXO 6.9 BANCO DE CAPACITORES N°4 DE 2.5 MVAR - DOLORESPATA



NOTA: EGEMSA

ANEXO 07. COTIZACION DE COSTOS DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 55MVA 138KV DE 04 DEVANADOS



COTIZACION N° 0001 - 00082603

RGC043 - Revisión 1



Señores : ELECTRO SUR ESTE S.A.A. - 20116544289 **Fec. Emisión** : 17/03/2025
Atención : Logística ELSE **Moneda** : SOLES
Dirección : AV. SUCRE NRO. 400 URB. BANCOPATA (AVENIDA INGRESO A HUANCARO) SANTIAGO - CUSCO - CUSCO
Referencia : TRANSFORMADOR DE POTENCIA 55MVA 138KV de 4 Devanados

Item	Código	Descripción	Plazo Entrega	U/M	Cantidad	V.V. Unit.	Sub-Total S/
1	000010000000	FABRICACIÓN TRANSFORMADOR 55MVA 138KV DE 4 DEVANADOS	300 Días	UND	1.00	7,568,026.28	7,568,026.28

ALCANCE:

- a) 01 Transformador de potencia con las siguientes características
 - Potencia: 50/50/50 (ONAN) 55/55/55 (ONAF)
 - Tensión: 138±7x1% / 60 /22,9/4,16 KV
 - Grupo de Conexión: YNyn0yn+d
 - Altitud de instalación: 3500 msnm.
 - BIL (interno/externo): (650/750) / (325/450) / (145/170) KVp
 - Cambiador de tomas bajo carga (OLTC)
 - Transformadores de corriente en los bujes
 - Desecador de aire con autosecado
 - Ruedad orientables
 - Sistema de anclaje antísmico

NOTA: DELCROSA

ANEXO 08 .COSTOS REFERENCIALES PARA EL CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA SEGÚN ELECTRO SUR-CUI: 2674513

- **Reemplazo del transformador en 138/60/22,9 KV de 20/20/9 MVA de la SET Cachimayo por un nuevo transformador en 138/60/22,9 KV de 50/50/50 MVA en el año 2026**, debido a la necesidad del incremento de capacidad de transformación por la ejecución del nuevo aeropuerto internacional de Chincheros, así como por el crecimiento de la demanda en la zona.

Nº	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO (S/)	VALOR REFERENCIAL (S/)
1	AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA T-3 DE LA SUBESTACIÓN CACHIMAYO 138/60/22,9 KV (50/50/50 MVA) Y CELDAS ASOCIADAS EN EL DISTRITO DE CACHIMAYO DE LA PROVINCIA DE ANTA DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO	Expediente Técnico S/ 581,995.05 Ejecución de obra S/ 17,352,701.90 ⁷	S/ 17,934,696.95 (diecisiete millones novecientos treinta y cuatro mil seiscientos noventa y seis con 95/100 soles) ⁸

Valor Referencial (VR)	Límites ⁸	
	Inferior	Superior
S/ 17,934,696.95 (diecisiete millones novecientos treinta y cuatro mil seiscientos noventa y seis con 95/100 soles) ⁹ , incluye IGV.	S/ 16,141,227.26 (Diecisésis millones ciento cuarenta y un mil doscientos veintisiete con 26/100 soles)	S/ 19,728,166.64 (Diecinueve millones setecientos veintiocho mil ciento sesenta y seis con 64/100 soles)

NOTA: ELECTRO SUR ESTE S.A

ANEXO 09. COTIZACION DE COSTOS CONDUCTORES DE MT Y RELE



R.U.C. 20614694654

Venta de Materiales y Equipos Electricos de Baja, Media y Alta tension
Ferreteria Electrica en General, Equipos de Seguridad Industrial
Para el sector Minero, Industrial, Agroindustrial, y telecomunicaciones.

COTIZACION N° 0710/2025

COTIZADO: GOBIERNO REGIONAL CUSCO
DIRECCION: AV. TOMASA TITO CONDEMAYTA NRO. S/N INT. S/N (AL LADO
COLEGIO MARIA DE LA MERCE) CUSCO - CUSCO - WANCHAQ
RUC : 20527147612
ATENCION :
CEL :

FECHA : 07/10/2025
CONDICION DE PAGO : deposito en cuenta
VALIDEZ DE LA OFERTA : 5 DIAS
REFERENCIA : MATERIALES ELECTRICOS
PLAZO DE ENTREGA : 1 dias despues de confirmado la o.c.
LOS PRECIOS UNITARIOS :INCLUYE I.G.V. 18%

ITEN	DESCRIPCION/ARTICULO	CANTIDAD	MEDIDA	PREC. UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 70 mm - marca Gelco	3406	mts	4.07	13862.42
2	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 50 mm - marca Gelco	3406	mts	2.86	9741.16
3	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 35 mm - marca Gelco	13937	mts	1.93	26828.73
4	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 25 mm - marca Gelco	4600	mts	1.32	6072.00
5	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 16 mm - marca Gelco	1341	mts	1.20	1609.20
6	CABLE DE ALUMINIO AAAC DE 120 mm - marca Gelco	5716	mts	7.15	40869.40
7	CABLE ALUMINIO AAAC DE 185 mm - marca Gelco	1083	mts	32.26	34937.58
8	CABLE AUTOORTANTE DE MEDIA TENSION NA2XSA2Y-S 3X1X70 mm - marca Gelco	3996	mts	71.50	285714.00
9					
10					

TOTAL: 419634.49

M. DE CITA CITE: BCP SOLES	ETA: INTERBANCARIA SOLES
191-79024822-0-51	002-19117902482205154



AV.GUILLERMO DANSEY 590 - PASAJE 12 SECUNDARIO PSTO 7 - 51. C.C. BELLOTA CERCADO DE LIMA - LIMA - LIMA

NOTA: AMB E.I.R.L.

SEL SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES

Products Industries Services Education Support Company

Summary Add to Cart

Price: \$2,485.39

SEL-751A

Feeder Protection Relay

751A#03

- Ideal for standalone arc-flash mitigation.
- Four fast high-current-interrupting digital outputs and four digital inputs.
- 10 m and 15 m arc-flash point sensors.
- Includes overcurrent feeder protection.
- Includes voltage protection elements.
- Includes Ethernet and EIA-232 communications ports.



NOTA: SHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES

ANEXO 10. CONTRATO DE ADQUISICION DE REGULADORES DE TENSION MONOFASICOS-CONTRATO N°053-2022

Nº	Equipo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario inc. IGV	Precio inc. IGV
1	Reguladores 22.9 kV	Regulador	6	S/86,903.50	S/615,276.78
2	Reguladores 10.5 kV	Regulador	9	S/97,651.00	S/1,039,177.62
3	Kit de comunicación	Kit	5	S/2,558.00	S/15,092.20
4	Tableros de control	Tableros	5	S/3,806.00	S/22,455.40
5	Integración SCADA	Banco de reguladores	5	S/4,780.00	S/28,261.00
6	UPS	Unidades	5	S/4,286.00	S/25,287.40
7	Antenas	Unidades	5	S/826.00	S/4,873.40
8	Accesorios	De acuerdo a EETT	Varios	—	S/111,679.62
Total inc. IGV					S/1,862,103.42

NOTA: ELECTRO SUR ESTE S.A.

ANEXO 11. CONTRATO DE MONTAJE DE REGULADORES DE TENSION MONOFASICOS Y RECONNECTADORES

Nro.	DESCRIPCION	Total de equipos	Costo Unitario de Montaje (S/)
1	Regulador de tensión Banco trifásico 33 kV	4	34,548.68
	Regulador de tensión Banco trifásicos 22.9 kV	10	34,548.68
	Regulador de tensión Banco trifásicos 13.2 kV	2	34,548.68
	Regulador de tensión Banco trifásicos 10.0 kV	2	34,548.68
2	Reconnectador trifásico de línea 33 kV	12	11,126.01
	Reconnectador trifásico de línea 22.9 kV	31	11,126.01
	Reconnectador trifásico de línea 13.2 kV	5	11,126.01
	Seccionalizador 3f de línea 22.9 kV	12	11,126.01
	Seccionalizador 3f de línea 13.2 kV	4	11,126.01
3	Descargador de línea en 33 kV	100	1,347.73
	Descargador de línea en 22.9 kV	372	1,347.73
4	Indicadores de falla aéreo	840	131.70

NOTA: SOCIEDAD ELECTRICA SUR OESTE S.A

ANEXO 12. SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN REDES DE MT CUSCO N°CP-003-2023

Nº Actividad	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/) Incl. IGV.	VALOR TOTAL (S/) Incl IGV
175000	CAMBIO DE CONDUCTOR DESNUDO AAC MAYOR A 70 mm ²	M/FASE	9000	1.17000	10,530.00
173000	CAMBIO DE CONDUCTOR DESNUDO AAC HASTA 70 mm ²	M/FASE	6000	1.09000	6,540.00
177000	CAMBIO DE CABLE AUTOORTANTE TRIFASICO DE MT. MAYOR A 50 mm ²	M/CIRCUITO	2000	8.26951	16,539.03

NOTA: ELECTRO SUR ESTE S.A.