VOLUMEN I

RESUMEN EJECUTIVO

ENLACE 500 kV LA NIÑA – PIURA, SUBESTACIONES, LÍNEAS Y AMPLIACIONES ASOCIADAS

ENLACE 1

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD

PARTE 1: LÍNEAS Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN 220 kV Y 500 kV

NOVIEMBRE 2024

CONTROL DE REVISIONES

Rev.	Fecha	Elaborado		Revisado		Aprobado		Descripción del Cambio
		Iniciales	Firma	Iniciales	Firma	Iniciales	Firma	
B	30/05/24	PEP ESC POW		S.P.		M.L.		Emitido para revisión del cliente
C	24/09/24	PEP ESC POW		S.P.		M.L.		Levantamiento de observaciones del COES.
D	11/09/24	PEP ESC POW		S.P.		M.L.		Segundo levantamiento de observaciones del COES.

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD

ENLACE 500 kV LA NIÑA – PIURA, SUBESTACIONES, LÍNEAS Y AMPLIACIONES ASOCIADAS

PARTE 1: LÍNEAS Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN 220 kV Y 500 kV

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I	**:**	**RESUMEN EJECUTIVO**
VOLUMEN II	:	ESTUDIOS DE ESTADO ESTACIONARIO
VOLUMEN III	:	ESTUDIOS DE ESTABILIDAD TRANSITORIA
VOLUMEN IV	:	ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES
VOLUMEN V	:	ESTUDIO DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNETICOS
VOLUMEN VI	:	ESTUDIOS DE RESONANCIA SUBSÍNCRONA
VOLUMEN VII	:	PROCEDIMIENTOS DE MANIOBRA
VOLUMEN VIII	:	PLANOS Y DIAGRAMAS
VOLUMEN IX	:	PROTOCOLO DE PRUEBAS EN FABRICA DE EQUIPOS
VOLUMEN X	:	ACTA TRANSFERENCIA DE INFORMACION EN TIEMPO REAL
VOLUMEN XI	:	INFORMACION CONFIDENCIAL (NO APLICA)
VOLUMEN XII	:	INFORME SISTEMAS DE MEDICION

VOLUMEN I

RESUMEN EJECUTIVO

INDICE

Pág.

CONTENIDO

1. GENERALIDADES 6

1.1 Antecedentes 6
1.2 Descripción del Proyecto 7
1.3 Ubicación del Proyecto 11
1.4 Cronograma estimado de ingreso del proyecto y sus etapas 14
1.5 Características Eléctricas Generales del Proyecto 15

2. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO 16

2.1 Subestaciones 16
2.1.1 Ampliación S.E. La Niña 500 kV 16
2.1.2 Subestación Miguel Grau 500/220 kV 35
2.1.3 Reforzamiento S.E. Piura Oeste 220 kV 79
2.2 Líneas de Transmisión 500 kV y 220 kV 82
2.2.1 Líneas Proyectadas 82
2.2.2 Ruta de la Línea 500 kV La Niña – Miguel Grau (L-5012) 83
2.2.3 Ruta de las Variantes de las líneas de transmisión 220 kV La Niña - Piura Oeste 84
2.2.4 Ruta de la Línea 220 kV Seccionamiento – Piura Oeste (Refuerzo) 87
2.2.5 Faja de Servidumbre 89
2.2.6 Condiciones de operación y servicio 89
2.2.7 Distancias de seguridad 90
2.2.8 Puesta a tierra 91
2.2.9 Materiales principales 92
2.3 Sistema de Telecomunicaciones y Control Digital 94
2.3.1 Sistema de Telecomunicaciones 94
2.3.2 Sistema de Control Digital 104
2.3.3 Sistema WAMPAC 111
2.4 Equipo automático de Compensación Reactiva 112
2.4.1 Configuración y datos de SVC 113

3. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO 118

3.1 Conclusiones Estudios de Estado Estacionario 118
3.1.1 Conclusiones del Análisis de Flujo de Potencia en Operación Normal 119
3.1.2 Verificación de las tensiones de operación definidas por el COES 121
3.1.3 Conclusiones del Análisis de Flujo de Potencia en Operación con Contingencia 123
3.1.4 Conclusiones de Cálculo de Corto Circuito 127
3.1.5 Conclusiones del Análisis de Maniobras de Energización 128
3.1.6 Conclusión General del Análisis de Estado Estacionario 129

3.2 Conclusiones Estudios de Estabilidad Transitoria....129
3.2.1 Conclusiones de las Fallas en Líneas de Transmisión....130
3.2.2 Conclusiones de Salidas Intempestivas....131
3.2.3 Conclusiones del Tiempo Critico de despeje de Falla....131
3.2.4 Conclusiones sobre la Verificación de los EEP....132
3.2.5 Conclusiones Generales en los estudios EET y el ingreso del Proyecto....133
3.3 Conclusiones de los Estudios de Transitorios Electromagnéticos de Diseño....134
3.3.1 Arco secundario....134
3.3.2 Energización de la línea L5012....134
3.3.3 Energización de las líneas L2162 y L2241....135
3.3.4 Recierre Monofásico línea L5012....136
3.3.5 Recierre Monofásico líneas L2162 y L2241....137
3.3.6 Solicitación Térmica de los Descargadores de sobretensión....138
3.3.7 Estudios de Solicitaciones Térmicas y Dinámicas en los Reactores de Neutro....138
3.3.8 Sobretensiones por Fenómenos de Resonancia con Fases Abiertas línea L5012....138
3.3.9 Verificación de Tensiones de Restablecimiento (TRV)....139
3.3.10 Energización de Transformadores....139
3.3.11 Maniobra de Reactores....139
3.3.12 Retraso de Cruces por Cero....141
3.4 Conclusiones de los Estudios de Resonancia Subsíncrona....141

4. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE COORDINACIONES DE PROTECCIONES....144

4.1 Subestación Miguel Grau....144
4.2 Subestación La Niña....146
4.3 Subestación Piura Oeste....146

5. IMPACTOS NEGATIVOS DE LAS NUEVAS INSTALACIONES SOBRE LA OPERACIÓN DEL SEIN Y LAS MEDIDAS ADOPTADAS PARA CORREGIRLOS....147

6. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DEL PROYECTO....148

INDICE – ANEXOS

ANEXO N° 1 : DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL PROYECTO

ANEXO Nº 2 : LISTA DE LAS PROTECCIONES COORDINABLES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

ANEXO N° 3 : CRONOGRAMAS DEL PROYECTO

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El proyecto "Enlace 500 kV La Niña – Piura, Subestaciones, Líneas y Ampliaciones Asociadas" permitirá reforzar el sistema de transmisión en la región de Piura, proporcionando mayor confiabilidad en el suministro de energía eléctrica en la zona Norte del país.

Por Resolución Ministerial Nº 450-2017-MEM/DM, publicada en el diario oficial El Peruano el 02 de noviembre de 2017, el Ministerio de Energía y Minas encargó a la Agencia de Promoción de Inversión Privada – PROINVERSIÓN, la conducción del proceso de licitación y la adjudicación de la Buena Pro de los Proyectos Vinculantes del Plan de Transmisión 2017-2026, uno de los proyectos a adjudicar fue el proyecto "Enlace 500 kV La Niña - Piura, subestaciones, líneas y ampliaciones asociadas".

Con Resolución de la Dirección Ejecutiva N° 38-2018/DPP/EL.10 de fecha 17 de julio de 2018, se aprobó el Plan de Promoción de la Inversión Privada del proyecto "Enlace 500 kV La Niña - Piura, subestaciones, líneas y ampliaciones asociadas". El proyecto en mención será desarrollado bajo la modalidad de asociación público privada autofinanciada.

El 30 de octubre del 2019, PROINVERSION adjudica la buena pro a la empresa concesionaria Línea de Transmisión La Niña S.A.C (en adelante, el Concesionario).

El Proyecto pertenece al Sistema Garantizado de Transmisión (SGT) y ha sido incorporado al "Plan de Transmisión 2017-2026", aprobado por Resolución Ministerial Nº 562-2016-MEM/DM publicada el 02 de enero de 2017.

De acuerdo con el Reglamento de Transmisión aprobado por el Decreto Supremo Nº 027-2007-EM, establece con carácter de obligatorio que las nuevas instalaciones que

se conecten al sistema de transmisión del SEIN deben solicitar al COES el certificado de conformidad a ser sustentado mediante un estudio de Pre Operatividad (EPO) y previamente a la puesta en operación comercial de una instalación del sistema de transmisión se deberá presentar un estudio de Operatividad (EO) según procedimientos del COES.

Presentado el EPO y luego del proceso de revisión y levantamiento de observaciones el COES con carta COES/D/DP-782-2022 del 26 mayo de 2022 otorga la conformidad al EPO.

De acuerdo con lo establecido, se ha procedido a la elaboración del presente Estudio de Operatividad (EO) del proyecto, para solicitar la aprobación del COES según los alcances y requisitos establecidos en el PR-20 del COES.

El EO de las instalaciones se ha dividido en dos partes para su presentación y conformidad:

- Parte 1: Líneas y Subestaciones Eléctricas en 220 y 500 kV
- Parte 2: Equipo Automático de Compensación Reactiva – SVC de -150/+300 MVar

1.2 Descripción del Proyecto

El proyecto del "Enlace 500 kV La Niña – Piura, Subestaciones, Líneas y Ampliaciones Asociadas" comprendió el diseño, la adquisición, construcción, pruebas y conexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional SEIN, de las siguientes instalaciones electromecánicas, de acuerdo con el esquema eléctrico de la Figura N° 1.2.1:

- Línea de trasmisión en 500 kV, desde la Subestación La Niña (subestación existente) hasta la Subestación Miguel Grau (subestación nueva) (L-5012), de simple terna con cuatro conductores por fase sobre estructuras de metal, con una longitud aproximada de 79.1 km y con una capacidad de transmisión de 1400 MVA.

- Ampliación de la S.E. La Niña en el lado de 500 kV, cuya configuración actual es de doble barra con interruptor y medio, conformada por dos (02) diámetros; de los cuales en el primer diámetro están conectados la línea de transmisión 500 kV hacia Trujillo y el Autotransformador de potencia 500/220 kV, mientras que en el segundo diámetro está conectado el reactor de barras de la subestación. Cabe resaltar que el primer diámetro está incompleto y ha correspondido al proyecto implementar los equipos faltantes, un interruptor de diámetro lado de barra y su correspondiente seccionador de barras. Como parte del proyecto, para la salida de la línea L-5012 de conexión con la subestación Miguel Grau, se ha construido en el espacio disponible un diámetro adicional, implementado con 2/3 de equipamiento

- La Subestación Miguel Grau de 500/220 kV, con un patio de 500 kV con un esquema de configuración en doble barra con interruptor y medio, conformado por dos (02) diámetros. Un primer diámetro completo para la conexión de la celda de salida al banco de autotransformadores de potencia de 750 MVA - 500/220 kV y para la celda de salida al Compensador Estático Reactivo (SVC) de -150/+300 MVar. El segundo diámetro, implementado en 2/3 de su equipamiento, utilizado para la conexión de la celda de salida a la Nueva Línea de Transmisión L-5012 hacia la SE La Niña; quedando espacio de reserva para una futura celda de salida. Además, la subestación en el patio de 500 kV cuenta con espacio para implementar dos (02) diámetros adicionales para futuras ampliaciones.

- La subestación Miguel Grau cuenta con un patio en 220 kV, de configuración de doble barra con seccionador de transferencia, conformado por seis (06) celdas; de las cuales cuatro (04) son de las salidas de líneas L-2241, L-2162, L-2143 y L-2144, una (01) para el acoplamiento de barras y una (01) para la celda de salida hacia el banco de autotransformadores. Además, la subestación cuenta con espacio suficiente para la implementación de ocho (08) celdas adicionales en el futuro.

- Variantes de las líneas de transmisión en 220 kV La Niña - Piura Oeste (L-2162 y L-2241) en doble terna, desde el punto de seccionamiento hasta la nueva subestación Miguel Grau, de aproximadamente 10.1 km. Las variantes del lado Miguel Grau – La Niña son de 180 MVA, igual a la potencia de diseño de las líneas de transmisión existentes L-2241 y L-2162, manteniendo su denominación. Las variantes del lado Miguel Grau – Piura Oeste son de 450 MVA, cambiando su denominación a L-2143 y L-2144 respectivamente.

- El repotenciamiento del tramo de la línea en 220 kV de doble terna existente (L-2241/L-2162) desde el punto de seccionamiento hasta la S.E. Piura Oeste, de una longitud aproximada de12.7 km, para una capacidad mínima de transmisión de 450 MVA por terna cambiando su denominación a L-2143 y L-2144 respectivamente.

- En la Subestación Piura Oeste, las celdas de las líneas L-2143 y L-2144 (Ex L-2241 y L-2162) serán reforzadas con la instalación de un cable tipo HTLS - JLRX1/F, sección 494.18 mm2 por fase en reemplazo del conductor ACAR 800 MCM de las templas existentes entre los ejes (A-B y B-C), la instalación de dos conductores del tipo ACAR 800 MCM por fase en las derivaciones hacia todos los equipos y el reemplazo de los transformadores de corriente a relación 2500-1250/1/1/1/1 A, para cumplir con la nueva capacidad de transmisión de 450 MVA de los enlaces Piura Oeste – Miguel Grau. Los otros equipos de las celdas y el sistema de barras existentes se mantienen sin cambio.

- El proyecto ha comprendido la adecuación de los sistemas de control, medición, protecciones y comunicaciones, así como las fuentes de energía en AC y DC para los servicios auxiliares, para una correcta y adecuada operación de las nuevas instalaciones sin afectar al sistema eléctrico existente.

El presente EO Parte 1 comprende todas las instalaciones antes indicadas con excepción del Equipo Automático de Compensación Reactiva – SVC de -150/+300 MVar

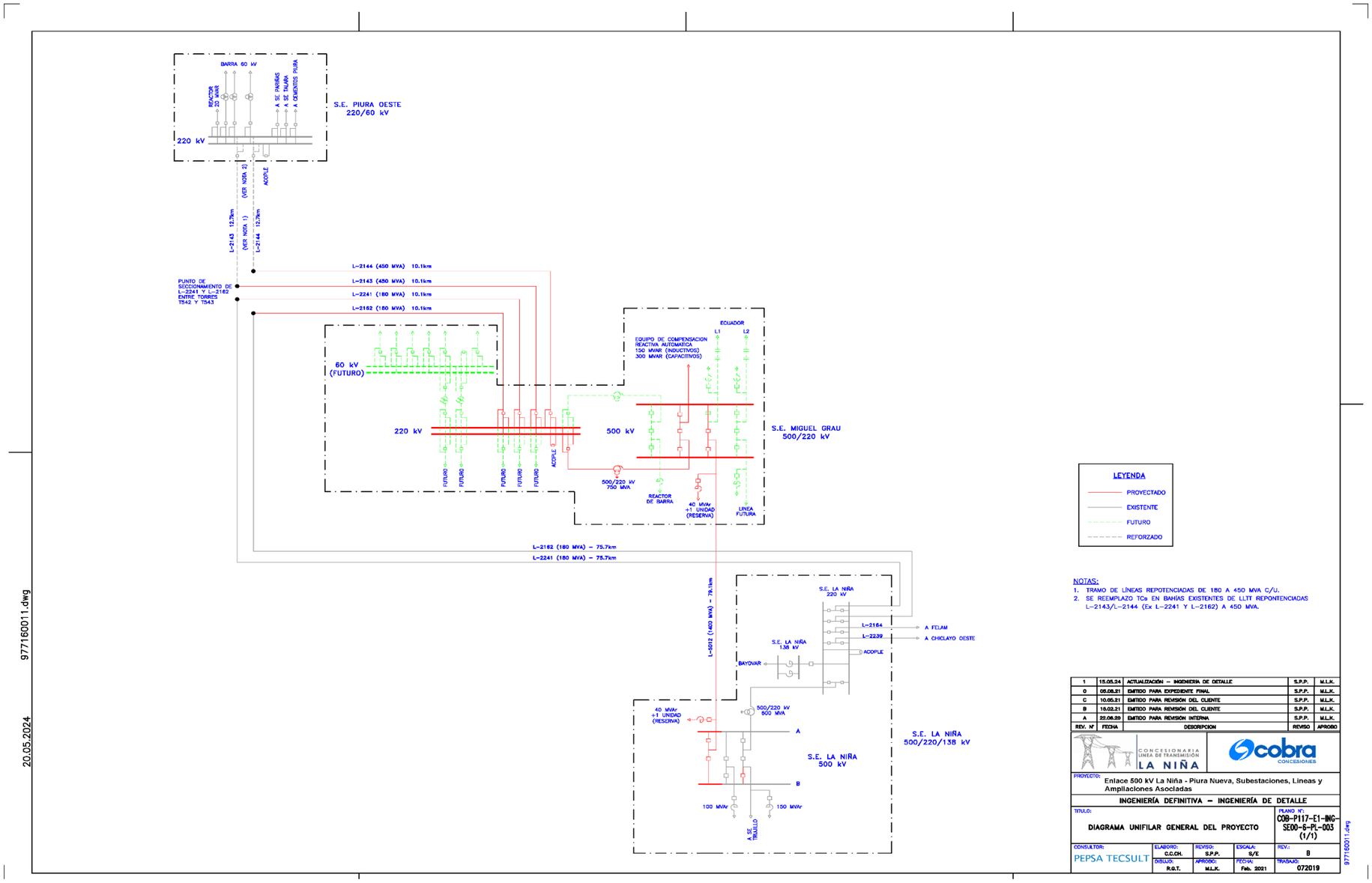
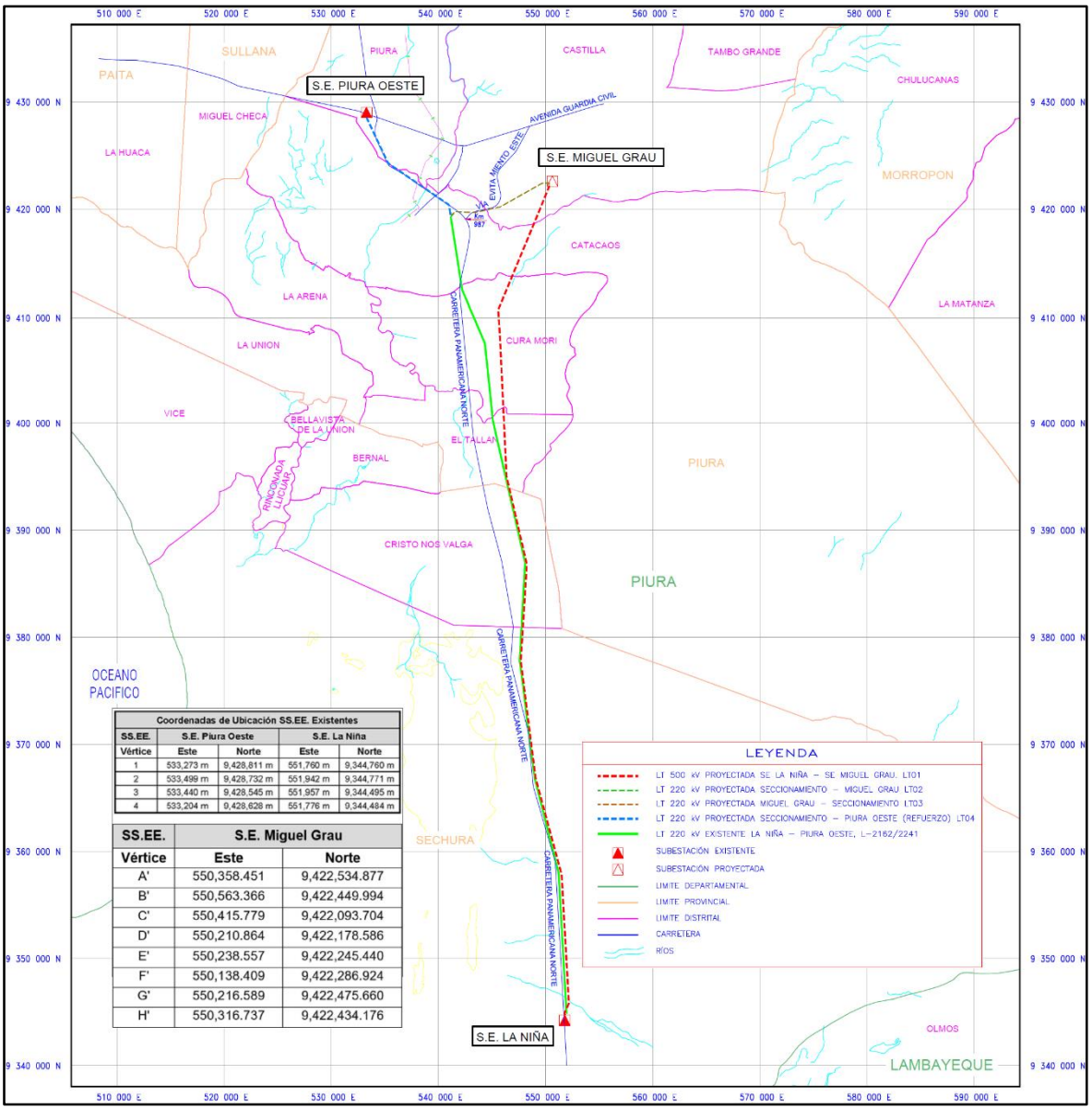


Figura 1.2.1: Esquema Unifilar General – Enlace 1(

1.3 Ubicación del Proyecto

La Subestación La Niña 500 kV y su ampliación está ubicada en el distrito de Sechura, provincia de Sechura en el departamento de Piura, a aproximadamente 80 km al sur de la ciudad de Piura. Mientras que la nueva Subestación Miguel Grau está ubicada en el distrito de Castilla, provincia de Piura en el departamento de Piura, a aproximadamente 4.5 km al este de la localidad de Castilla. En la Figura N° 1.3.1 se muestra el área geográfica en la cual se desarrolló el Proyecto.



Coordenadas de Ubicación SS.EE. Existentes				
SS.EE.	S.E. Piura Oeste		S.E. La Niña	
Vértice	Este	Norte	Este	Norte
1	533,273 m	9,428,811 m	551,760 m	9,344,760 m
2	533,499 m	9,428,732 m	551,942 m	9,344,771 m
3	533,440 m	9,428,545 m	551,957 m	9,344,495 m
4	533,204 m	9,428,628 m	551,776 m	9,344,484 m

SS.EE.	S.E. Miguel Grau	
Vértice	Este	Norte
A'	550,358.451	9,422,534.877
B'	550,563.366	9,422,449.994
C'	550,415.779	9,422,093.704
D'	550,210.864	9,422,178.586
E'	550,238.557	9,422,245.440
F'	550,138.409	9,422,286.924
G'	550,216.589	9,422,475.660
H'	550,316.737	9,422,434.176

Figura N° 1.3.1: Localización del Proyecto.

Las principales subestaciones involucradas en el proyecto de este enlace (Enlace 1) son las subestaciones Piura Oeste 220/60 kV (existente), Miguel Grau 500/220 kV (Nueva) y La Niña 500/220 kV (existente). Estas subestaciones están ubicadas en el Departamento

de Piura y las coordenadas UTM DATUM WGS-84 de sus localizaciones se indican a continuación en los Cuadros N° 1.3.1 y N° 1.3.2:

Cuadro N° 1.3.1: Coordenadas UTM DATUM WGS-84 de las subestaciones existentes – Zona 17

SS.EE.	S.E. Piura Oeste		S.E. La Niña	
Vértice	Este	Norte	Este	Norte
1	533,273 m	9,428,811 m	551,760 m	9,344,760 m
2	533,499 m	9,428,732 m	551,942 m	9,344,771 m
3	533,440 m	9,428,545 m	551,957 m	9,344,495 m
4	533,204 m	9,428,628 m	551,776 m	9,344,484 m

Cuadro N° 1.3.2: Coordenadas UTM DATUM WGS-84 de la nueva subestación – Zona 17

SS.EE.	S.E. Miguel Grau	
Vértice	Este	Norte
A'	550,358.451	9,422,534.877
B'	550,563.366	9,422,449.994
C'	550,415.779	9,422,093.704
D'	550,210.864	9,422,178.586
E'	550,238.557	9,422,245.440
F'	550,138.409	9,422,286.924
G'	550,216.589	9,422,475.660
H'	550,316.737	9,422,434.176

Las principales vías de acceso por vía terrestre son:

Desde Lima el acceso a la zona del Proyecto es por la Carretera Panamericana Norte con dirección a las ciudades de Chimbote – Trujillo – Chiclayo – Piura, pasando 10.5 km del cruce a Bayóvar y al lado derecho de la carretera se ubica la Subestación La Niña. Siguiendo la Panamericana Norte a aproximadamente 80 km se encuentra la localidad de Castilla, la nueva Subestación Miguel Grau se encuentra fuera de la localidad de Castilla, a la altura del km 987 de la Carretera Panamericana Norte y a aproximadamente 5 km al Este de la vía de Evitamiento. La Subestación Piura Oeste se ubica al margen izquierdo de la carretera hacia la localidad de Paita a 1 km del ovalo de la salida de la ciudad de Piura.

Desde la localidad de Paita el acceso es por la carretera hacia la localidad de Piura, llegando primero a la Subestación Piura Oeste, luego siguiendo la vía Panamericana hacia el este de Piura se llega a la nueva Subestación Miguel Grau y finalmente hacia el sur a la Subestación La Niña, haciendo el recorrido en sentido inverso del indicado en el párrafo de arriba.

Por vía aérea, existen vuelos regulares que son efectuados desde la ciudad de Lima hacia la ciudad de Piura con líneas aéreas comerciales, y desde ella hasta las distintas subestaciones por vía terrestre.

1.4 Cronograma estimado de ingreso del proyecto y sus etapas

El proyecto ha sido considerado en dos etapas denominadas ¨Parte 1 que corresponde a las instalaciones de transmisión 500 kV y 220 kV (Líneas y autotransformadores de Potencia) mientras que la Parte 2 corresponde a la puesta en servicio del Equipos Automático de Compensación Reactiva (SVC).

El detalle de los cronogramas de ambas parte se puede ver en el Anexo3 de este documento.

1.5 Características Eléctricas Generales del Proyecto

Las principales características del sistema eléctrico del proyecto, se presentan en el cuadro N° 1.5.1:

Cuadro N° 1.5.1: Características Generales del sistema eléctrico

Descripción	Unidad	Ampliación S.E. La Niña	S.E. Miguel Grau 500 kV	S.E. Miguel Grau 220 kV	Refuerzo S.E. Piura Oeste
Tensión nominal	kV	500	500	220	220
Tensión asignada del equipo	kV	550	550	245	245
Frecuencia asignada	Hz	60	60	60	60
Sistema de puesta a tierra		Sólido	Sólido	Sólido	Sólido
Número de fases		3	3	3	3
Niveles de aislamiento:					
a) Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo (LWIL)	kV	1550	1550	1050	1050
b) Tensión soportada asignada al impulso tipo maniobra (SWIL)	kV	1175	1175	-	-
c) Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial	kV	620	620	460	460
Corriente de corta duración admisible asignada	kA	40	40	40	40
Duración del cortocircuito asignada	s	1	1	1	1
Distancia de fuga unitária mínima	mm/kV	31	31	31	31

2. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO

A continuación, se presenta una breve descripción de las instalaciones del proyecto.

2.1 Subestaciones

2.1.1 Ampliación S.E. La Niña 500 kV

2.1.1.1 Descripción de la Subestación

La subestación La Niña 500/220/138 kV es existente. En el nivel de 500 kV tiene una configuración de doble barra con disposición de interruptor y medio. En el nivel de 220 kV tiene una configuración de doble barra con celda de acoplamiento y en 138 KV de simple barra. La subestación está instalada en su totalidad con equipos convencionales del tipo AIS.

Seguidamente se describe las instalaciones existentes en el nivel de 500 kV y 220 kV antes del proyecto, el nivel de 138 kV no se ha descrito por no ser de interés del Proyecto.

La subestación La Niña cuenta con dos diámetros instalados en el Patio de Llaves de 500 kV con:

Diámetro 3 (D3) - (Incompleto, falta un interruptor de diámetro y un seccionador del lado de barras):

- Una (01) celda de salida a línea L-5010 en 500 kV para la conexión a la subestación Trujillo Nuevo.
- Una (01) celda de salida al banco de autotransformadores de 600 MVA, 500/220 kV.

Diámetro 2 (D2) - (Incompleto, instalado 2/3 del diámetro):

- Una (01) celda de salida al reactor de barras 100 MVar en 500 kV.

La subestación La Niña también cuenta con el patio de llaves de 220 kV compuesto de:

- Una (01) celda de salida a la línea en 220 kV hacia Piura Oeste L-2162.
- Una (01) celda de salida a la línea en 220 kV hacia Piura Oeste L-2241.
- Una (01) celda de salida a la línea en 220 kV hacia Felam L-2164.
- Una (01) celda de salida a la línea en 220 kV hacia Chiclayo Oeste L-2239.
- Una (01) celda de acoplamiento de barras en 220 kV.
- Una (01) celda de salida a barra de autotransformadores en paralelo 220/138 kV

El proyecto comprende la Ampliación de la Subestación La Niña en el lado de 500 kV, para lo cual se empleó el espacio disponible del patio, manteniendo la configuración de doble barra con interruptor y medio, con equipos del tipo convencional aislados en el aire.

El Proyecto también comprende la implementación del equipamiento faltante (un interruptor de diámetro y un seccionador de barras) del diámetro que corresponde a la celda de salida de la Línea de Transmisión L-5010 en 500 kV hacia la Subestación Trujillo Nueva.

El equipamiento de la ampliación cuenta con una tensión de sostenimiento a frecuencia industrial de 620 kV, tensión sostenimiento al impulso de maniobra de 1175 kVp, tensión sostenimiento al impulso atmosférico de 1550 kVp y corriente cortocircuito 40 kA (1 seg).

La ampliación de la subestación cuenta con las siguientes instalaciones principales:

a) Equipos de patio de llaves en 500 kV:

- El diámetro 1 (D1) nuevo, cuenta con: un (01) seccionador tripolar de barra del tipo semipantógrafo vertical; tres (03) seccionadores tripolares tipo semipantógrafo vertical de conexión a contacto sobre tubo; tres (03) transformadores de corriente de cuatro núcleos, tipo pedestal; tres (03) transformadores de corriente de seis núcleos, tipo pedestal; dos (02) interruptores uni-tripolares de potencia de tanque vivo; un (01) seccionador tripolar de línea tipo semipantógrafo con cuchilla de puesta a tierra; tres (03) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo; tres (03) pararrayos de óxido metálico para la línea; tres (03) pararrayos de óxido metálico para los reactores; un (01) pararrayos de óxido metálico para el reactor de neutro; un (01) seccionador tripolar del tipo de doble apertura para el reactor; un (01) interruptor uni-tripolar de tanque vivo para reactor con mando sincronizado; tres (03) rectores monofásicos de línea inmersos en aceite más uno (01) de reserva; un (01) reactor de neutro de núcleo de aire y un (01) seccionador monopolar de puesta a tierra de cierre rápido.
- Los equipos implementados en el diámetro 3 (D3) incompleto y existente (Salida de Línea a Trujillo Nuevo, salida al autotransformador de SE La Niña): un (01) seccionador tripolar de barra del tipo semipantógrafo vertical y un (01) interruptor uni-tripolar de potencia de tanque vivo, con resistencia de preinserción.

b) Estructuras metálicas de los soportes de los equipos y los pórticos del sistema de barras y del diámetro nuevo, así como de los equipos faltantes en el diámetro existente (Salidas de Línea a Trujillo Nuevo y al autotransformador de SE La Niña).

c) Conexiones primarias entre los equipos y entre las barras y los equipos; compuesto de 2 conductores por fase, de aluminio tipo AAC 2500 MCM (Lupine).

d) El sistema de protecciones a ser incluido en la S.E. La Niña en el nivel de 500 kV, contará con el siguiente equipamiento:

Línea de Transmisión 500 kV La Niña – Miguel Grau

- Una protección principal y una de respaldo, ambas de marca GE, modelo UR-L90 con las siguientes funciones de protección: 87L- 87LG – 21 – 21N – 67N – 79 – 25 – 50BF – 68 – 59 – 50/51 - PMU, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP.

- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra de marca Siemens, modelo 7SS523 con funciones de 87B – 50BF

Diámetro 1

- Una unidad de protección de Corte B, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Dos Controladores de bahía para Cortes A y B, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra de marca Siemens, modelo 7SS523 con funciones de 87B – 50BF

Reactor de línea 500 kV y Reactor de Neutro

- Una protección principal y una de respaldo, ambas de marca GE, modelo UR-T60 con las siguientes funciones de protección: 87RGF – 50/50N – 67N – 27 – 24 – 25 – 50BF – 46 – 59 – 49 , con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de Disparo y Bloqueo, marca GE, modelo UR-C30 para protecciones mecánicas del reactor (Buchholz, Aceite, Imagen térmica, etc.), con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Controlador de bahía, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Rele de Mando Sincronizado, marca ABB, modelo PWC600, con protocolos IEC 61850, PRP.

Corte C del Diámetro 3

- Un Controlador de bahía, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de protección de Corte C, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

e) Sistema Registrador de Falla con el siguiente equipamiento:

- Un Registrador de Falla para LT 500 kV La Niña – Miguel Grau, marca GE, modelo DR60, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Registrador de Falla para Reactor de línea 500 kV, marca GE, modelo DR60, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

f) Sistemas Medidores de Energía con el siguiente equipamiento:

- Un medidor multifuncional de energía para LT 500 kV La Niña – Miguel Grau, marca GE, modelo EPM 9900P, con protocolo DNP3

g) Sistema de Servicios Auxiliares de la Subestación

La energía eléctrica para los servicios auxiliares de la ampliación es suministrada desde el tablero de distribución de servicios auxiliares 380/220 Vac instalado en la nueva caseta de campo, el cual se alimenta desde el sistema de servicios auxiliares existente en la subestación La Niña. Además, la ampliación de la subestación cuenta con un grupo electrógeno de emergencia para la alimentación de las cargas esenciales. Para los servicios auxiliares en CC, 220 Vcc, se ha implementado un sistema con un banco de baterías y dos cargadores – rectificadores independientes y redundantes.

h) Sistema de Puesta a Tierra de la Subestación

La subestación cuenta con un sistema de puesta a tierra compuestos de una malla de tierra profunda y una malla de tierra superficial. Se amplió las mallas de tierra existente en la zona en donde instaló el nuevo equipamiento e instalaciones.

i) Sistema de iluminación y fuerza, normal y de emergencia requerido para la correcta iluminación de las áreas de trabajo.

j) Obras Civiles, se ejecutó entre otros las siguientes actividades:

- Casetas de campo; una para los sistemas de comunicaciones y servicios auxiliares, otra para los tableros de control protecciones y medición de la línea a Miguel Grau.
- Cimentación para los pórticos de barras.
- Cimentaciones para los equipos de patio de 500 kV.
- Canaletas, buzones y ductos de cables de fuerza y control en la ampliación del patio en 500 kV.

2.1.1.2 Características técnicas de equipamiento principal

Los equipos que se instalaron en la Ampliación de la Subestación La Niña son del tipo convencional con las características técnicas principales indicadas a continuación:

a) Interruptores de Potencia

Los interruptores de potencia son del tipo tanque vivo, mando uni-tripolar, instalación al exterior, con cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF6) y mecanismo de operación por resortes. El interruptor de potencia 500 kV, implementado en la celda de salida línea a la subestación Miguel Grau, tiene las siguientes características principales:

- **Interruptores de Diámetro Nuevo**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	O-0.3s-CO-3m-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Interruptor del Reactor de línea**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	CO-15s-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Sincronizado Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Interruptor de Diámetro Existente (Línea a Trujillo)**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 µs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 µs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	O-0.3s-CO-3m-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Proceso de cierre	Resistencia de Pre-inserción
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

b) Seccionador de Línea

El seccionador de línea es del tipo semipantógrafo vertical con cuchilla de puesta a tierra de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. El mecanismo de accionamiento de las cuchillas de puesta a tierra de los seccionadores de línea es del tipo tripolar y con mando eléctrico/manual. Los seccionadores tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW22B-550
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Dispositivo de mando de la cuchilla de puesta a tierra: - Funcionamiento - Operación del mecanismo	 Tripolar Manual y Eléctrico
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

c) Seccionador del Reactor

El seccionador de reactor es del tipo doble apertura de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. El seccionador tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Doble apertura
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW7B-550
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2000 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Horizontal
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

d) Seccionadores de Diámetro

Los seccionadores de diámetro son del tipo semipantógrafo vertical de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. Los seccionadores tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW22B-550
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

e) Seccionador de puesta a tierra rápida

El seccionador de puesta a tierra rápida del reactor es del tipo apertura vertical de operación monopolar, con mando a motor, para instalación exterior. Tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Apertura vertical
Fabricante	MINDCORE TECHNOLOGIES
Modelo	HSG
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	145 kV
Tensión máxima del equipo	145 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 µs	650 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	275 kV rms
Corriente nominal	400 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Monopolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

f) Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente en 500 kV son del tipo columna, monofásicos, sumergido en aceite y de sellado hermético, para servicio exterior y adecuados para propósitos de protección y/o medición.

Los transformadores de corriente en el diámetro nuevo de la S.E. La Niña, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LVB-500
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación (4 núcleos)	2000 – 1000 / 1-1-1-1 A
Relación de transformación (6 núcleos)	2000 – 1000 / 1-1-1-1-1-1 A
Consumo y clase de precisión (4 núcleos) - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2
Consumo y clase de precisión (6 núcleos) - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 4×15 VA – 5P20 2×15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

g) Transformadores de Tensión Capacitivo

Los transformadores de tensión para 500 kV son del tipo capacitivo, monofásicos, inmersos en aceite, de sellado hermético, auto enfriados, para servicio exterior, adecuados para propósitos de protección y/o medición. Para las celdas de línea hacia la subestación Miguel Grau dos de los tres transformadores de tensión capacitivos cuentan con accesorios para onda portadora. Estos transformadores de tensión capacitivos tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Capacitivo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	TYD-500
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Relación de transformación	$\frac{500}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} - \frac{0.11}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 1×15 VA – 3P 1×15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

h) Reactores de Línea

Los reactores de línea en 500 kV son del tipo sumergido en aceite y de sellado hermético, monofásicos, para servicio exterior y adecuados para tal propósito. Cuentan con sistemas contra explosión y prevención de incendio. También cuentan con muros cortafuego entre ellos. Para casos de derrame o fallas, se consideran en todas las unidades pozas de concreto para recuperación de aceite.

Los reactores en la salida de línea a la subestación Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	HYOSUNG
Conexión	Banco trifásico en estrella (3 + 1 de reserva)
Altura de instalación	11 msnm
Tensión de servicio sistema	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Potencia reactiva total	40 MVar
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación de TCs en pasatapas 500 kV - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 800 / 1-1 A 300 – 150 / 1 A
Relación de transformación de TCs en pasatapas 123 kV - Núcleos de Protección	800 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión de TCs en pasatapas 500 kV - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 2×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2
Consumo y clase de precisión de TCs en pasatapas 123 kV - Núcleos de Protección	 2×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

i) Reactor de Neutro

El reactor de neutro es del tipo núcleo de aire, para servicios exteriores y adecuados para tal propósito.

El reactor de neutro, tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	RIZHI ELECTRIC
Modelo	NKK-550/V3-15A
Altura de instalación	11 msnm
Tensión máxima del equipo	123 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	550 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	230 kV rms
Impedancia	1400±4×125 Ω
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente temporal	150 A – 2s
Relación de transformación de TC exterior a reactor - Núcleos de Protección	300-150 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión de TC exterior a reactor - Núcleos de Protección	2×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

j) Pararrayos

Los pararrayos son fabricados con bloques de resistencias a base de óxido metálico (ZnO), para servicio exterior, autosoportado y diseñado para proteger contra las sobretensiones atmosféricas y de maniobra.

Los pararrayos implementados en la celda de línea, a la salida de la L.T. 500 kV a Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	Y20W444/1060
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	11 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	444
Tensión continua de operación, Uc (kV)	349
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	5
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

El pararrayo para proteger el reactor de neutro tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	HITACHI
Modelo	--
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	11 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	96
Tensión continua de operación, Uc (kV)	78
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	4
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

k) Conductor desnudo para la ampliación de barras y conexión entre equipos

Para las conexiones entre los equipos convencionales con las barras 500 kV y con la línea de transmisión aérea se utilizarán conductores desnudos de aluminio con las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Material del conductor	Aluminio
Tipo	AAC – 2500 MCM
Sección	1266 mm^2
Norma	ASTM B230
Número de alambres	91
Diámetro de cada alambre	4.21 mm
Diámetro total del conductor	46.31 mm
Número de conductores por fase	2

2.1.2 Subestación Miguel Grau 500/220 kV

2.1.2.1 Descripción de la Subestación

La Subestación Miguel Grau 500/220/33 kV es una subestación nueva, del tipo convencional aislada en aire (AIS) y presenta una configuración de doble barra con interruptor y medio en el nivel de 500 kV y del tipo doble barra con seccionador de transferencia en el nivel de 220 kV. También cuenta con una celda de salida con equipos convencionales aislados en aire de uso en el exterior en 33 kV, para alimentar desde el terciario del autotransformador de potencia al Transformador de SSAA principal en 33 kV.

El patio de 500 kV está conformado por dos (02) diámetros. El primer diámetro con equipamiento completo alimenta la salida hacia el banco de autotransformadores 500/220 kV y a la salida hacia el Equipo Automático de Compensador Reactiva (SVC); el segundo diámetro con equipamiento en 2/3 alimenta la salida a la línea de transmisión en 500 kV hacia la SE de La Niña. La subestación cuenta con espacio de terreno de reserva necesario para la implementación de dos (02) diámetros adicionales para instalaciones futuras.

La subestación cuenta en el lado de 500 kV con las siguientes instalaciones principales:

a) Patio de llaves 500 kV:

- <u>Diámetro (02) Autotransformador – SVC</u> compuesto de: dos (02) seccionadores tripolares de barra del tipo semipantógrafo vertical; cuatro (04) seccionadores tripolares tipo semipantógrafo vertical de conexión a contacto sobre tubo; doce (12) transformadores de corriente tipo pedestal de cuatro núcleos; tres (03) interruptores uni-tripolares de potencia de tanque vivo con mando sincronizado; dos (02) seccionadores tripolares tipo semipantógrafo vertical de conexión a contacto sobre aislador rígido; seis (06) transformadores de tensión de dos

núcleos del tipo capacitivo; Seis (06) pararrayos de óxido metálico (3 en banco de autotransformadores, 3 en salida al SVC).

- Diámetro (03) Línea a S.E. La Niña – Reserva compuesto de: un (01) seccionador tripolar de barra del tipo semipantógrafo vertical; tres (03) seccionadores tripolares tipo semipantógrafo vertical de conexión a contacto sobre tubo; seis (06) transformadores de corriente tipo pedestal de cuatro núcleos, dos (02) interruptores uni-tripolares de potencia de tanque vivo; un (01) seccionador tripolar de línea tipo semipantógrafo con cuchilla de puesta a tierra; tres (03) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo; tres (03) pararrayos de óxido metálico para la línea; tres (03) pararrayos de óxido metálico para los reactores; un (01) pararrayos de óxido metálico para el reactor de neutro; un (01) seccionador tripolar del tipo semipantógrafo horizontal para el reactor; un (01) interruptor uni-tripolar de tanque vivo para reactor con mando sincronizado; tres (03) reactores monofásicos de línea inmersos en aceite más uno (01) de reserva; un (01) reactor de neutro de núcleo de aire con TC exterior al reactor; un (01) seccionador monopolar de puesta a tierra de cierre rápido.

- El sistema de Barras, tendrá instalado: seis (06) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo.

- Tres (03) autotransformadores de potencia monofásicos inmersos en aceite más uno (01) de reserva, con una potencia total del banco de 200-250 / 200-250 / 66.67-83.33 MVA (ONAN-ONAF). Incluye cambiador de tomas bajo carga en el lado de 220 kV.

b) El equipo automático de compensación reactiva (EACR) del tipo SVC de -150/+300 MVar conformado por un (01) TCR, un (01) TSC, cuatro (04) filtros de 3°, 5º, 7º y 11°armonicos. las partes generales que se indican a continuación y que se describen en el capítulo 2.4.1: Este equipo no forma parte del presente EO Parte 1.

c) El patio en 500 kV cuenta con estructuras metálicas para los soportes de equipos así como los pórticos del sistema de barras y pórticos del diámetro y la línea hacia Miguel Grau.

d) Conductores del sistema de barras 500 kV, las templas y la conexión de equipos en el nuevo diámetro; estará compuesto por 2 conductores por fase del tipo AAC 2500 MCM (Lupine).

e) El sistema de protecciones incluido en la S.E. Miguel Grau en el lado de 500 kV contará con el siguiente equipamiento:

<u>Protección Diferencial de Barras A y B</u>

- Una protección principal – Unidad Central y una de respaldo – Unidad Central, ambas de marca GE, modelo UR-B30, con funciones 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP.

<u>Protección Transformadores del SVC 500/33 kV – Diámetro 2</u>

- Una protección principal y una redundante de protección de transformadores, ambas de marca GE, modelo UR-T60, con funciones 87T – 50/50N – 67N – 27 – 24 – 25 – 50BF – 46 – 59 - 49, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Una unidad de Disparo y Bloqueo, marca GE, modelo UR-C30 para protecciones mecánicas de transformador (Buchholz, Aceite, Imagen térmica, etc.), con protocolos IEC 61850, PRP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

Protección Autotransformadores 500/220/33 kV – Diámetro 2

- Una protección principal y una redundante para protección de transformadores, ambas de marca GE, modelo UR-T60, con funciones 87T – 50/50N – 67N – 27 – 24 – 25 – 50BF – 46 – 59 - 49, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Una unidad de Disparo y Bloqueo, marca GE, modelo UR-C30 para protecciones mecánicas del reactor (Buchholz, Aceite, Imagen térmica, etc.), con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP

Protección Corte B – Diámetro 2

- Una unidad de protección de Corte B, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

Protección – Diámetro 2

- Tres Controladores de bahía para Cortes A, B y C, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Tres Rele de Mando Sincronizado, marca ABB, modelo PWC600, con protocolos IEC 61850, PRP.

Línea de Transmisión 500 kV Miguel Grau – La Niña (Diámetro 3)

- Una protección principal y una de respaldo, ambas de marca GE, modelo UR-L90 con las siguientes funciones de protección: 87L- 87LG – 21 – 21N – 67N – 79 – 25 – 50BF – 68 – 59 – 50/51 - PMU, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

Protección – Diámetro 3

- Una unidad de protección de Corte B, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Dos Controladores de bahía para Cortes B y C, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

Reactor de línea 500 kV y Reactor de Neutro

- Una protección principal y una de respaldo, ambas de marca GE, modelo UR-T60 con las siguientes funciones de protección: 87RGF – 50/50N – 67N – 27 – 24 – 25 – 50BF – 46 – 59 – 49 , con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Una unidad de Disparo y Bloqueo, marca GE, modelo UR-C30 para protecciones mecánicas del reactor (Buchholz, Aceite, Imagen térmica, etc.), con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Controlador de bahía, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Rele de Mando Sincronizado, marca ABB, modelo PWC600, con protocolos IEC 61850, PRP.

f) Sistemas Registradores de Falla con el siguiente equipamiento:

- Un Unidad Central de Registro de Falla para 500 kV , marca GE, modelo RPV, con protocolos IEC 61850, PRP
- Un Unidad de bahía Registro de Falla transformadores SVC 500 kV , marca GE, modelo RA331, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Un Unidad de bahía Registro de Falla Autotransformadores 500 kV , marca GE,

modelo RA331, con protocolos IEC 61850, PRP

- Un Unidad de bahía Registro de Falla LT 500 kV Miguel Grau – La Niña , marca GE, modelo RA331, con protocolos IEC 61850, PRP
- Un Unidad de bahía Registro de Falla Reactor de Línea 500 kV , marca GE, modelo RA331, con protocolos IEC 61850, PRP

g) Sistemas Medidores de Energía con el siguiente equipamiento:

- Un medidor multifuncional de energía para Transformador SVC, marca GE, modelo EPM 9900, con protocolo DNP3, PTP

- Un medidor multifuncional de energía para Autotransformador lado 500 kV, marca GE, modelo EPM 9900, con protocolo DNP3, PTP

- Un medidor multifuncional de energía para LT 500 kV La Niña – Miguel Grau, marca GE, modelo EPM 9900, con protocolo DNP3

h) Sistema de Servicios Auxiliares de la Subestación Miguel Grau

El sistema de servicios auxiliares trabaja bajo el concepto de cargas esenciales y cargas no esenciales para el sistema 380-220 Vca. El suministro de los servicios auxiliares en corriente alterna 380-220 Vca, en la subestación Miguel Grau, cumple el requerimiento de las tres fuentes independientes; (1) suministro principal mediante un transformador trifásico Zig-zag cargable, 900 KVA, 33/0.4-0.23 kV que es alimentado desde el lado terciario del banco de Autotransformadores de potencia, (2) suministro secundario mediante un transformador trifásico 450 kVA, 22.9/0.4-0.23 kV que se alimenta desde las redes de distribución primaria en 22.9 kV y (3) el suministro de emergencia mediante un grupo electrógeno de 200 kVA, 380/220 V. El suministro principal desde el lado terciario del autotransformador en el nivel de 33 kV, será mediante una celda con equipos convencionales de 36 kV.

La subestación de Miguel Grau cuenta con servicios auxiliares en corriente continua (CC), alimentado en 380 Vca mediante dos cargadores-rectificadores, independientes y de funcionamiento en forma alternada y un banco de baterías en 220 Vcc del tipo plomo ácido de válvula regulada (VRLA). Estos equipos se encuentran instalados en el Edificio de control y en cada Caseta de campo.

i) Sistema de Puesta a Tierra de la Subestación

La S.E. Miguel Grau cuenta con un sistema de puesta a tierra compuestos de una malla de tierra profunda y una malla de tierra superficial las mismas que han tomado en consideración las corrientes de cortocircuito de falla a tierra del sistema eléctrico, así como también de los resultados obtenidos de las mediciones de la resistividad del terreno. La malla de tierra abarcará toda el área referida al sistema eléctrico en 500 kV y 220 kV.
La implementación considera tanto la malla de tierra profunda como la malla de tierra superficial.

j) Sistema de iluminación y fuerza, normal y de emergencia requerido para la correcta iluminación de las áreas de trabajo.

k) Obras Civiles, entre otros las siguientes obras:

- Edificio de control, casetas de campo e instalaciones auxiliares en el patio de 500 kV.
- Cimentación para pórticos barras y de salida de líneas.
- Cimentaciones para equipos de patio 500 kV.
- Cimentaciones de la celda de salida en 33 kV para SSAA.
- Canaletas de cables de control y fuerza.
- Vías internas.
- Cerco perimétrico albañilería confinada.

La subestación Miguel Grau cuenta también con un patio de 220 kV de configuración doble barra con seccionador de transferencia, implementado con seis (06) celdas; de ellas, cuatro (04) celdas son para salidas a las líneas de transmisión, una (01) celda para el acoplamiento de barras y una (01) celda de salida hacia el banco de autotransformadores 220/500 kV, cuenta además con espacios de reserva para ocho (08) celdas adicionales a ser instaladas en el futuro.

La Subestación cuenta en el lado de 220 kV con las siguientes instalaciones principales:

a) Patio de Llaves 220 kV:

- Cada una de las dos Celdas de Líneas a la S.E. La Niña (C1 y C2) y las dos celdas de Líneas a la S.E. Piura Oeste (C1 y C2) están compuestas de los siguientes equipos: dos (02) seccionadores tripolares del tipo pantógrafo vertical; un (01) seccionador tripolar del tipo de apertura central; un (01) seccionador tripolar del tipo de apertura central con cuchilla de puesta a tierra; tres (03) transformadores de corriente de cuatro núcleos, tipo pedestal; un (01) interruptor uni-tripolar de potencia de tanque vivo; tres (03) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo; tres (03) pararrayos de óxido metálico para la línea.

- La Celda del Acoplamiento de barras cuenta con: dos (02) seccionadores tripolares del tipo de apertura central; tres (03) transformadores de corriente de cuatro núcleos, tipo pedestal; un (01) interruptor uni-tripolar de potencia de tanque vivo; seis (06) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo.

- La Celda de salida al autotransformador lado 220 kV cuenta con el siguiente equipamiento: dos (02) seccionadores tripolares del tipo pantógrafo vertical; dos (02) seccionadores tripolares del tipo de apertura central; tres (03)

transformadores de corriente de cuatro núcleos, tipo pedestal; un (01) interruptor uni-tripolar de potencia de tanque vivo; tres (03) transformadores de tensión de dos núcleos del tipo capacitivo; tres (03) pararrayos de óxido metálico para el banco de autotransformadores.

b) Estructuras metálicas para soporte de equipos, pórticos de barra y pórticos línea.

c) Conductores del sistema de barras 220 kV, de las templas de acoplamiento y de la conexión de equipos en la bahía de acoplamiento; estará compuesta por haz de 2 conductores por fase, del tipo aluminio AAC 2500 MCM (Lupine); así mismo la celda del transformador empleará un conductor por fase del conductor antes mencionado. Las templas de las líneas y las conexiones entre equipos y bajantes de las dos celdas de las líneas hacia La Niña estarán compuesta por 1 conductor por fase, conductor de aluminio ACAR 800 MCM. Las templas de las líneas y las conexiones entre equipos y bajantes de las dos celdas de las líneas hacia Piura Oeste estarán compuesta por 2 conductores por fase, conductor de aluminio ACAR 800 MCM.

d) El sistema de protecciones incluido en la S.E. Miguel Grau en el lado de 220 kV contará con el siguiente equipamiento:

<u>Protección Diferencial de Barras A y B</u>

- Una protección principal – Unidad Central y una de respaldo – Unidad Central, ambas de marca GE, modelo UR-B30, con funciones 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP.

<u>Líneas de Transmisión 220 kV L-2162, L-2241, L-2143 y L-2144</u>

- Una protección principal y una de respaldo, ambas de marca Siemens, modelo 7SL87 con las siguientes funciones de protección: 87L- 21/21N – 67N – 79 – 25 – 50BF – 68 – 59 – 50/51, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP
- Un Controlador de bahía de línea, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP, PTP

<u>Protección Autotransformadores 500/220/33 kV</u>

- Relé para protección de transformadores lado 33 kV, marca GE, modelo UR-F60, con funciones 87RGF– 50/51 – 50N/51N – 27 – 59 – 46 – 59N, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Un Controlador de bahía de Autotransformador, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP
- Un Rele de Mando Sincronizado, marca SIEYUAN, modelo UDF-506, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP

<u>Acoplamiento de Barras</u>

- Relé para protección de acoplamiento de barras, marca GE, modelo UR-F60, con funciones 87RGF– 50/51 – 50N/51N – 27 – 59 – 46 – 59N, con protocolos IEC 61850, PRP.
- Un Controlador de acoplamiento, marca GE, modelo UR-C60 con funciones 50BF – 50/51 – 79 – 25, con protocolos IEC 61850, PRP
- Una unidad de bahía para la protección diferencial de barra, marca GE, modelo MU320E, con funciones de 87B – 50BF, con protocolos IEC 61850, PRP

e) Sistemas Registradores de Falla con el siguiente equipamiento:

- Unidad Central de Registro de Falla para 220 kV , marca GE, modelo RPV, con protocolos IEC 61850, PRP
- Unidad de bahía Registro de Falla para líneas de transmisión 220 kV , marca GE,

modelo RA333.

- Unidad de bahía Registro de Falla de Autotransformador 220 kV , marca GE, modelo RA331,. con protocolos IEC 61850, PRP
- Unidad de bahía Registro de Falla de acoplamiento 220 kV , marca GE, modelo RA331,. con protocolos IEC 61850, PRP

f) Sistemas Medidores de Energía con el siguiente equipamiento:

- Medidor multifuncional de energía para líneas de transmisión 220 kV, marca GE, modelo EPM 9900, con protocolo DNP3
- Medidor multifuncional de energía para Autotransformador, marca GE, modelo EPM 9900P, con protocolo DNP3

g) Sistema de Servicios Auxiliares de la Subestación en el lado de 220 kV.

El suministro de los servicios auxiliares en corriente alterna 380-220 Vca, para el patio de 220 kV toma del mismo sistema de SSAA de la Subestación indicado en la parte h) del patio 500 kV.

Las instalaciones de Miguel Grau en el lado de 220 kV contarán con servicios auxiliares en corriente continua (CC). Los mismos que están alimentados mediante dos cargadores-rectificadores de 380 Vca y 220 Vcc, independientes y de funcionamiento en forma alternada y con un banco de baterías en 220 Vcc del tipo plomo ácido de válvula regulada (VRLA). Estos equipos se encuentran instalados en cada Caseta de campo.

h) Sistema de Puesta a Tierra de la Subestación patio 220 kV

La malla de tierra de la subestación abarca los patios de 500 kV y 220 kV, comprendiendo una malla de tierra profunda y una malla de tierra superficial.

i) Sistema de iluminación y fuerza, normal y de emergencia requerido para la correcta iluminación de las áreas de trabajo.

j) Obras Civiles, entre otros las siguientes obras:

- Casetas de campo e instalaciones auxiliares.
- Cimentación para pórticos de barras y de salida de líneas en 220 kV.
- Cimentaciones para equipos de patio 220 kV.
- Canaletas de cables de control y fuerza.
- Vías internas.
- Cerco perimétrico albañilería confinada.

2.1.2.2 Características Técnicas de Equipamiento Principal

A continuación una breve descripción de las características técnicas principales de los siguientes equipamientos:

Subestación Miguel Grau 500 kV

Los equipos instalados en la Subestación Miguel Grau son del tipo convencional con las características técnicas principales que se presentan a continuación:

a) Interruptores de Potencia

Los interruptores de potencia será del tipo tanque vivo, mando uni-tripolar, instalación al exterior, con cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF6) y mecanismo de operación por resortes. Los interruptores de potencia 500 kV, implementados en la SE Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

- **Interruptores de Diámetro de Línea a La Niña**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	O-0.3s-CO-3m-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Interruptores de Diámetro de Autotransformador y SVC**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	CO-15s-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Sincronizado Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Interruptor del Reactor de línea**

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	HITACHI
Modelo	HPL550B2
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	1 s
Tiempo de apertura	2 ciclos
Secuencia de operación	CO-15s-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Sincronizado Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

b) Seccionadores de Línea

Los seccionadores son del tipo semipantógrafo vertical con cuchilla de puesta a tierra de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. El mecanismo de accionamiento de las cuchillas de puesta a tierra de los seccionadores de línea son del tipo tripolar y con mando eléctrico/manual. Los seccionadores tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW22B-550
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Dispositivo de mando de la cuchilla de puesta a tierra: - Funcionamiento - Operación del mecanismo	 Tripolar Manual y Eléctrico
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

c) Seccionadores de reactor

El seccionador de reactor del proyecto es del tipo semipantógrafo horizontal de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. El seccionador tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW23B-550
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2000 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Horizontal
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

d) Seccionadores de Diámetro

Los seccionadores de diámetro a emplearse en el proyecto son del tipo semipantógrafo vertical de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. Los seccionadores tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW22B-550
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

e) Seccionadores de puesta a tierra rápida

El seccionador de puesta a tierra rápida a emplearse en el proyecto es del tipo apertura vertical de operación monopolar, con mando a motor, para instalación exterior. Tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Apertura vertical
Fabricante	MINDCORE TECHNOLOGIES
Moidelo	HSG
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	145 kV
Tensión máxima del equipo	145 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	650 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	275 kV rms
Corriente nominal	400 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Monopolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

f) Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente en 500 kV son del tipo columna, monofásicos, sumergido en aceite y de sellado hermético, para servicio exterior y adecuados para propósitos de protección y/o medición. Los transformadores de corriente implementados en los diámetros de S.E. Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LVB-500
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación	2000 – 1000 / 1-1-1-1 A
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

g) Transformadores de Tensión Capacitivo

Los transformadores de tensión para 500 kV son del tipo capacitivo, monofásicos, inmersos en aceite, de sellado hermético, auto enfriados, para servicio exterior, adecuados para propósitos de protección y/o medición. Para las celdas de línea hacia la subestación La Niña dos de los tres transformadores de tensión capacitivos cuentan con accesorios para onda portadora. Estos transformadores de tensión capacitivos tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Capacitivo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	TYD-500
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Relación de transformación	$\frac{500}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} - \frac{0.11}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 1×15 VA – 3P 1×15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

h) Reactores de Línea

Los reactores de línea en 500 kV son del tipo sumergido en aceite y de sellado hermético, monofásicos, para servicio exterior y adecuados para tal propósito. Cuentan con sistemas contra explosión y prevención de incendio. También cuentan con muros cortafuego entre ellos. Para casos de derrame o fallas, se consideran en todas las unidades pozas de concreto para recuperación de aceite.

Los reactores en la línea a S.E. La Niña, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	HYOSUNG
Conexión	Banco trifásico en estrella (3 + 1 de reserva)
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio sistema	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	620 kV rms
Potencia reactiva total	40 MVAr
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación de TCs en pasatapas 500 kV - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 800 / 1-1 A 300 – 150 / 1 A
Relación de transformación de TCs en pasatapas 123 kV - Núcleos de Protección	800 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión de TCs en pasatapas 500 kV - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 2×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2
Consumo y clase de precisión de TCs en pasatapas 123 kV - Núcleos de Protección	 2×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

i) Reactor de Neutro

El reactor de neutro es del tipo núcleo de aire, para servicios exteriores y adecuados para tal propósito. El reactor de neutro, tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	RIZHI ELECTRIC
Modelo	NKK-550/V3-15A
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión máxima del equipo	123 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	550 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	230 kV rms
Impedancia	1400±4×125 Ω
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente temporal	150 A – 2s
Relación de transformación de TC exterior al reactor - Núcleos de Protección	300-150 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión de TC exterior al reactor - Núcleos de Protección	2×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

j) Pararrayos

Los pararrayos son fabricados con bloques de resistencias a base de óxido metálico (ZnO), para servicio exterior, autosoportado y diseñado para proteger contra las sobretensiones atmosféricas y de maniobra. Los pararrayos implementados en la celda de línea, a la salida de la L.T. 500 kV Miguel Grau - La Niña, tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	Y20W444/1060
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	444
Tensión continua de operación, Uc (kV)	349
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	5
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

El pararrayo para proteger el reactor de neutro tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	HITACHI
Modelo	--
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	96
Tensión continua de operación, Uc (kV)	78
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	4
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

k) Banco de Autotransformadores

Los autotransformadores son del tipo sumergido en aceite y de sellado hermético, monofásicos, para servicio exterior. El autotransformador y el cambiador de tomas bajo carga, viene equipado con un sistema contra explosión y prevención de incendio. Las unidades de transformación cuentan además con muros cortafuego para aislar las unidades. Para casos de derrame o falla, se consideran pozas de concreto para recuperación de aceite conectadas a una poza común de captación, desde donde se extraerá cuando sea necesario.

Los autotransformadores en S.E. Miguel Grau, cuentan con las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico 3 devandos ONAN/ONAF Regulación automática
Marca	HYOSUNG
Conexión	Banco trifásico en estrella (3 + 1 de reserva)
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio sistema	500/220/33 kV
Taps de regulación	220±10×1% kV
Tensión máxima del equipo	550/245/38 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1550/1050/200 kVp
Tensión de resistencia a la onda de impulso 250/2500 μs	1175/-/- kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	680/460/70 kV rms
Impedancia de cortocircuito nominal a 250 MVA AT-MT / MT-BT / AT-BT	16 / 96.9 / 112.8 %
Potencia total lado primario	600/750 MVA ONAN/ONAF
Potencia total lado secundario	600/750 MVA ONAN/ONAF
Potencia total lado terciario	200/250 MVA ONAN/ONAF
Frecuencia nominal	60 Hz
TC relación de transformación lado primario - Núcleos de Protección	2000-1000 / 1-1-1 A
TC relación de transformación lado secundario - Núcleos de Protección	2500-1250 / 1-1-1 A
TC relación de transformación lado terciario - Núcleos de Protección	2600-1300 / 1-1-1 A
Consumo y clase de precisión lado primario - Núcleos de Protección	3×15 VA – 5P20
Consumo y clase de precisión lado secundario - Núcleos de Protección	3×15 VA – 5P20
Consumo y clase de precisión lado terciario - Núcleos de Protección	6×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

Como parte del suministro se cuenta con un tablero de regulación automática de tensión para el accionamiento del cambiador de tomas bajo carga con el criterio de controlar la tensión de la barra de 220 kV de la SE Miguel Grau en vista que la regulación de la tensión de la barra de 500 kV está a cargo del SVC del lado de 500 kV.

I) Compensador Estático Reactivo SVC (Static Var Compensator)

El Compensador Estático Reactivo (SVC), tiene las características generales siguientes:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Fabricante	NR ELECTRIC
Tensión nominal	500 kV
Tensión máxima del equipo	550 kV
Tensión de sostenimiento al impulso atmosférico	1550 kVp
Tensión de sostenimiento al impulso tipo maniobra	1175 kV
Rango de frecuencia	
Frecuencia nominal	60 Hz
Variaciones sostenidas	± 0.5 Hz
Variaciones súbitas	± 1.0 Hz
Límite de Potencia	
Limite inductivo	150 MVAr
Límite capacitivo	300 MVAr
Rango de Operación y sobrecarga	
Nivel de tensión 0.70-0.95 p.u.- rango capacitivo	Sin limitación
Nivel de tensión 0.95-1.05 p.u.-	Sin limitación
Nivel de tensión 1.05-1.10 p.u.- rango inductivo	Sin limitación
Nivel de tensión 1.10-1.20 p.u.- rango inductivo	15 s
Nivel de tensión 1.20-1.3 p.u.- rango inductivo	10 s
Nivel de tensión 1.3 p.u.- rango inductivo	1 s

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Sistema de control	
Sistema de control	Trifásico en régimen permanente Monofásico durante fallas asimétricas
Tiempo de respuesta (tr)	tr < 80 ms
Máxima sobrelevación (Mp)	20%
Tiempo de restablecimiento (ts)	Ts < 100 ms
Modos de operación	Control de tensión Ajuste manual de potencia reactiva
Barra de tensión controlada	Barra en 500 kV de SE Miguel Grau
Variación de tensión transitoria en la conmutación de equipos	< 5%
Nivel de potencia de cortocircuito	
Nivel mínimo de cortocircuito	890 MVA
Nivel normal de cortocircuito	3030 MVA
Nivel máximo de cortocircuito	15000 MVA
Configuración del SVC	
Características del TCR:	
Numero de TCR	01
Potencia de diseño	271.5 MVA
Corriente nominal	2544 A
Tensión nominal de operación	33 kV
Tipo de conexión	Delta
Características del TSC:	
Numero de TSC	01
Potencia nominal individual	165 MVA
Tensión nominal de operación	33 kV
Tipo de conexión	Delta
Características de los filtros	
Numero de filtros	04

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo filtros	3° armónico amortiguado: 10.63 Mvar 5° armónico amortiguado: 39.06 Mvar 7° armónico amortiguado: 31.98 Mvar 11° armónico amortiguado: 18.91 Mvar
Potencia nominal total de filtros	100.58 Mvar
POD (Power Oscillation Damping)	Si
Transformador de potencia	
Número de unidades	Tres (03) (más una (01) de reserva) unidades monofásicas
Potencia nominal	210 – 300 MVA (ONAN-ONAF)
Relación de transformación	500 / 33 kV
Grupo de conexión	YNd11

m) Conductor desnudo para sistema de barras y la conexión entre equipos

Para las conexiones entre los equipos convencionales con las barras 500 kV y con la línea de transmisión aérea se utilizarán conductores desnudos de aluminio con las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Material del conductor	Aluminio
Tipo	AAC – 2500 MCM
Sección	1266 mm^2
Norma	ASTM B230
Número de alambres	91
Diámetro de cada alambre	4.21 mm
Diámetro total del conductor	46.31 mm
Número de conductores por fase	2

Subestación Miguel Grau 220 kV

El equipamiento para esta subestación es del tipo convencional y son los que se indican a continuación:

a) Interruptor de Potencia

El interruptor de potencia es del tipo tanque vivo, mando uni-tripolar, instalación exterior, con cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF6) y mecanismo de operación por resortes. El interruptor de potencia 220 kV, implementado en cada una de las celdas de la subestación, tendrá las siguientes características principales:

- **Interruptores de celdas de líneas y acoplamiento**

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LW58-252
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	3 s
Tiempo de apertura	3 ciclos
Secuencia de operación	O-0.3s-CO-3m-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 1
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Interruptor de celda del Autotransformador**

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LW58-252
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito	40 kA
Duración de cortocircuito	3 s
Tiempo de apertura	3 ciclos
Secuencia de operación	CO-15s-CO
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 1
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Uni-tripolar Sincronizado Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

b) Seccionadores de Barra, de Transferencia y de Línea

Los seccionadores empleados en el proyecto son del tipo apertura central y tipo pantógrafo, de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior, montaje horizontal (apertura central) y vertical (pantógrafo). El mecanismo de accionamiento de las cuchillas de puesta a tierra de los seccionadores de línea será del tipo tripolar y con mando eléctrico/manual. Los seccionadores de barra, de transferencia y de línea a ser implementados en cada una de las celdas de S.E. Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

- **Seccionador de Barra – Apertura Central**

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	2 columnas, apertura central
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW4C-252
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Horizontal
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Seccionador de Barra y Seccionador de Transferencia – Tipo Pantógrafo**

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Pantógrafo de una columna
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW6B-252
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Vertical
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

- **Seccionador de Línea con cuchilla de puesta a tierra**

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	2 columnas, apertura central
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	GW4C-252
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Horizontal
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Dispositivo de mando de la cuchilla de puesta a tierra: - Funcionamiento - Operación del mecanismo	 Tripolar Manual y Eléctrico
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

c) Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente para 220 kV son del tipo columna, monofásicos, sumergido en aceite y de sellado hermético, para servicio exterior y adecuados para propósitos de protección y/o medición. Los transformadores de corriente implementados en las celdas de línea, de autotransformadores y del acople de S.E. Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LVB-220
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Relación de transformación	2500 – 1250 / 1 – 1 – 1 – 1 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2S
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

d) Transformadores de Tensión Capacitivo

Los transformadores de tensión para 220 kV son del tipo capacitivo, monofásicos, inmersos en aceite, de sellado hermético, auto enfriados, para servicio exterior, adecuados para propósitos de protección y/o medición. Para las celdas de línea hacia la subestación La Niña y las celdas de línea hacia la subestación Piura Oeste uno de los tres transformadores de tensión capacitivos cuenta con accesorios para onda portadora. Estos transformadores de tensión capacitivos tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Capacitivo
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	TYD-220
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Relación de transformación	$\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} - \frac{0.11}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 1×15 VA – 3P 1×15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

e) Pararrayos

Los pararrayos son fabricados con bloques de resistencias a base de óxido metálico (ZnO), para servicio exterior, autosoportado y diseñado para proteger contra las sobretensiones atmosféricas y de maniobra. Los pararrayos implementados en las celdas de línea de la S.E. Miguel Grau, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	XD-ARRESTER
Modelo	Y20W-198/494
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	198
Tensión continua de operación, Uc (kV)	156
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	4
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

f) Conductor para el sistema de barras

El sistema de barras en 220 kV, emplearán conductores desnudos de aluminio 2 c/fase, con las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Material del conductor	Aluminio
Tipo	AAC – 2500 MCM
Sección	1266 mm^2
Norma	ASTM B230
Número de alambres	91
Diámetro de cada alambre	4.21 mm
Diámetro total del conductor	46.31 mm
Número de conductores por fase	2

Subestación Miguel Grau 33 kV

El equipamiento de para la celda 33 kV de la subestación es del tipo convencional y son los siguientes:

a) Interruptor

El interruptor es del tipo tanque vivo, mando tripolar, instalación exterior, con cámara de extinción en vacío y mecanismo de operación por resortes. El interruptor implementado en la celda tiene las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Fabricante	ABB
Modelo	OVB-VBF
Operación	Tripolar
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	33 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión máxima del equipo	36 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	170 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	70 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo	1250 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito (3 s)	25 kA
Tiempo de apertura	3 ciclos
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 Vacío 1
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Tipo de mecanismo de operación - Tensión auxiliar	 Tripolar Por resortes 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

b) Seccionador con cuchilla de puesta a tierra

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Apertura vertical
Fabricante	ABB
Modelo	ONII 302/16UG-2
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	33 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión máxima del equipo	36 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	170 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	70 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	1600 A
Corriente de soporte cortocircuito de corta duración (1 s)	25 kA
Instalación	Exterior
Montaje	Horizontal
Dispositivo de mando del seccionador: - Funcionamiento - Operación del mecanismo - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y eléctrico 220 Vcc
Dispositivo de mando de la cuchilla de puesta a tierra: - Funcionamiento - Operación del mecanismo	 Tripolar Manual
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

c) Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente para 33 kV son del tipo columna, monofásicos, del tipo seco, para servicio exterior y adecuados para propósitos de protección.

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	ITESA
Modelo	TC-10P-36
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	33 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión máxima del equipo	36 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	170 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	70 kV rms
Corriente de soporte en cortocircuito de corta duración (1 s)	25 kA
Relación de transformación	1250 / 1 – 1 – 1 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	3×15 VA – 5P20 -
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

d) Transformadores de Tensión Inductivo

Los transformadores de tensión para 33 kV son del tipo inductivo, monofásicos, de tipo seco, auto enfriados, para servicio exterior, adecuados para propósitos de protección.

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Inductivo
Fabricante	ITESA
Modelo	TT-1MP-R36
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión de servicio	33 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión máxima del equipo	36 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 µs	170 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	70 kV rms
Relación de transformación	$\frac{33}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 10 VA – 3P 10 VA – 0.2-
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

e) Pararrayos

Los pararrayos son fabricados con bloques de resistencias a base de óxido metálico (ZnO), para servicio exterior, autosoportado y diseñado para proteger contra las sobretensiones atmosféricas y de maniobra. Los pararrayos implementados en la celda tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Fabricante	HITACHI
Modelo	--
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	87.5 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	47.5
Tensión continua de operación, Uc (kV)	38
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	10
Clase	3
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

2.1.3 Reforzamiento S.E. Piura Oeste 220 kV

La subestación Piura Oeste 220/60 kV es existente; en el nivel de 220 kV tiene una configuración tipo doble barra con celda de acoplamiento y doble barra con acoplamiento de barras en el nivel de 60 KV. La subestación está instalada en su totalidad con equipos convencionales del tipo AIS. La subestación Piura Oeste cuenta con once (11) celdas instaladas en el patio de llaves de 220 kV.

El Proyecto comprende el reforzamiento de las celdas de entradas de las líneas L-2162 y L-2241 como consecuencia de la ampliación de la capacidad a 450 MVA de cada una de las líneas, para lo cual se reemplaza en cada celda las conexiones entre los equipos por dos conductores por fase del tipo ACAR 800 MCM y se reemplaza los transformadores de corriente existentes por otros de cuatro núcleos y de relación de transformación de 2500-1250/1/1/1/1 A.

2.1.3.1 Características Técnicas del Equipamiento Principal

a) Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente para 220 kV son del tipo columna, monofásicos, sumergido en aceite y de sellado hermético, para servicio exterior y adecuados para propósitos de protección y/o medición. Los transformadores de corriente implementados en el reforzamiento de las celdas de las líneas de la S.E. Piura Oeste, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Tipo	Monofásico
Fabricante	SIEYUAN
Modelo	LVB-220
Altura de instalación	33 msnm
Tensión de servicio	220 kV
Tensión máxima de servicio	231 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1.2/50 μs	1050 kVp
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s)	40 kA
Relación de transformación	2500 – 1250 / 1 – 1 – 1 – 1 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3×15 VA – 5P20 1×15 VA – Clase 0.2S
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

b) Conductor para el sistema de conexiones equipos de celdas

El sistema de conexiones de equipos en celdas de refuerzo en 220 kV, emplearán conductores desnudos de aluminio 2c/fase, con las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Fabricante	
Material del conductor	Aluminio
Tipo	ACAR – 800 MCM
Sección	405 mm^2
Norma	ASTM B230
Número de alambres	18/19(Ale)
Diámetro de cada alambre	3.734 mm
Diámetro total del conductor	26.1 mm
Número de conductores por fase	2

2.2 Líneas de Transmisión 500 kV y 220 kV

2.2.1 Líneas Proyectadas

Como parte del sistema de transmisión se contempla implementar las siguientes instalaciones:

- Línea de trasmisión 500 kV SE La Niña (existente) – SE Miguel Grau (proyectada), simple terna, 4 conductores/fase, torres metálicas, longitud aproximada de 79.1 km y capacidad de transmisión de 1400 MVA (LT-01).
- Variantes de las líneas de transmisión en 220 kV La Niña - Piura Oeste (anterior L-2241 / L-2162) en doble terna, desde el punto de seccionamiento hasta la SE Miguel Grau, 10.1 km aproximadamente. La variante del lado La Niña (LT-02) tiene capacidad de transmisión de 180 MVA/terna igual a las líneas existentes y la variante del lado Piura Oeste (LT03) será de 450 MVA/terna.
- El repotenciamiento del tramo de línea 220 kV doble terna (anterior L-2241 / L-2162) desde el punto de seccionamiento hasta la S.E. Piura Oeste (LT04), 12.7 km aprox., para incrementar la capacidad de transmisión a 450 MVA/terna.

En resumen, las líneas proyectadas son las siguientes:

Líneas proyectadas

Cód. COES	Cód. Proyecto	Descripción	N° de ternas	Capacidad, MVA/terna	Longitud, km
L-5012	LT01	LT 500 kV SE La Niña - SE Miguel Grau	1	1400	79.1
L-2241 / L-2162	LT02	LT 220 kV Seccionamiento - Miguel Grau	2	180	10.1
L-2143 / L-2144	LT03	LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento	2	450	10.1
L-2143 / L-2144	LT04	LT 220 kV Seccionamiento – Piura Oeste (Refuerzo)	2	450	12.7

Se utilizan los códigos indicados solamente para aclarar la correspondencia entre las líneas proyectadas con textos específicos del presente documento.

2.2.2 Ruta de la Línea 500 kV La Niña – Miguel Grau (L-5012)

La línea inicia en el pórtico de salida 500 kV de la ampliación de la SE La Niña y termina en el pórtico 500 kV de la SE Miguel Grau.

Entre los vértices V01B y V02C cruza sobre el vano flojo de salida de la LT 138 kV La Niña – Bayovar existente (L-1137).

Entre los vértices V02C y V03 cruza sobre la LT 220 kV La Niña – Miguel Grau Oeste existente (L-2241 / L-2162).

A partir del vértice V03 hasta la SE Miguel Grau sigue en general un trazo con dirección Norte pasando sobre terrenos desérticos de vegetación rala, sin construcciones ni sembríos a lo largo del eje proyectado.

El eje cruza accesos vehiculares afirmados y no afirmados incluyendo trochas. No cruza carreteras asfaltadas.

Tampoco se registran restos arqueológicos

La longitud horizontal de esta línea es 79.1 km.

Las coordenadas de los vértices de la ruta replanteada en campo son las siguientes:

CUADRO DE VÉRTICES UTM WGS84 – ZONA 17 LÍNEA 500 kV LA NIÑA – MIGUEL GRAU L-5012			
Vértice	**Este**	**Norte**	**Nota**
Port-LN	551801.51	9344729.37	PÓRTICO LA NIÑA
V-01B	551790.69	9344773.13	
V-02C	551775.31	9344903.87	
V-03	552176.38	9345814.32	
V-04	551505.36	9357819.34	
V-05	549074.12	9366849.70	
V-06A	547686.04	9377789.84	
V-07A	548255.18	9386787.79	
V-08	546361.23	9395027.43	
V-09	545747.00	9408097.02	
V-10C	545586.31	9410580.51	
V-11B	549562.07	9420177.33	
V-12	550335.80	9422101.12	
Port-MG	550356.32	9422152.14	PORTICO MIGUEL GRAU

2.2.3 Ruta de las Variantes de las líneas de transmisión 220 kV La Niña - Piura Oeste

<u>LT02 LT 220 kV Seccionamiento - Miguel Grau</u>

La línea inicia en el vértice U-01 ubicado sobre el mismo eje entre las torres T542 y T543 de la LT 220 kV existente anteriormente denominada La Niña – Piura Oeste, a 117 m de la torre T542, y termina en el pórtico 220 kV de la SE Miguel Grau.

En general el trazo sigue una dirección de Nor Oeste – Nor Este. No cruza líneas de alta tensión existentes.

Entre los vértices U-01 y U-02 pasa sobre terrenos de cultivo y trochas vecinales. Entre los vértices U-02 y U-03 cruza la carretera Panamericana – Norte, un canal mediano de regadío y la Vía de Evitamiento Este atravesando algunos terrenos de cultivo y terrenos semi desérticos de poca vegetación.

Después de cruzar la Vía de Evitamiento alcanza el vértice U-03 y se desplaza paralelo a dicha Vía, pasando sobre un pequeño bosque húmedo, unos pocos terrenos de cultivo y mayormente terrenos semi desérticos de poca vegetación hasta alcanzar el vértice U-04 ubicado antes de un canal menor de regadío con acceso vehicular.

El trazo continúa hacia el vértice U-05A atravesando terrenos desérticos de vegetación rala sin construcciones ni sembríos a lo largo del eje proyectado, gira hacia la derecha en los vértices U-06E1 y U-06E2 y desde el vértice U-07C, ubicado dentro del terreno de la subestación se orienta en dirección al pórtico.

El eje cruza accesos vehiculares afirmados y no afirmados incluyendo trochas. No se registran restos arqueológicos.

<u>LT03 LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento</u>

La línea inicia en el vértice W-01A ubicado sobre el mismo eje entre las torres T542 y T543 de la LT 220 kV existente anteriormente denominada La Niña – Piura Oeste, a 132 m de la torre T543, y termina en el pórtico 220 kV de la SE Miguel Grau.

En el vértice W-01B el trazo gira hacia la izquierda y es paralelo al de la línea Seccionamiento – Miguel Grau siendo aplicable la misma descripción del trazo expuesta anteriormente.

La longitud horizontal de cada una de estas líneas es 10.1 km.

Las coordenadas de los vértices de la ruta replanteada en campo son las siguientes:

CUADRO DE VÉRTICES UTM WGS84 – ZONA 17 LÍNEA 220 kV SECCIONAMIENTO – MIGUEL GRAU L-2241 / L-2162			
Vértice	**Este**	**Norte**	**Nota**
U-01	541160.83	9419279.66	SECCIONAMIENTO LINEA L-2241 / L-2162 ANTERIOR
U-02	541638.24	9419733.15	
U-03	543354.56	9419638.44	
U-04	545792.88	9420185.05	
U-05A	549659.78	9422370.29	
U-06E1	550200.64	9422532.48	
U-06E2	550262.31	9422503.73	
U-07C	550270.24	9422436.12	
Port-MG	550234.65	9422350.20	PÓRTICO MIGUEL GRAU

CUADRO DE VÉRTICES UTM WGS84 – ZONA 17 LÍNEA 220 kV MIGUEL GRAU - SECCIONAMIENTO L-2143 / L-2144			
Vértice	**Este**	**Norte**	**Nota**
W-01A	541131.69	9419469.20	SECCIONAMIENTO LINEA L-2162 / L-2241 ANTERIOR
W-01B	541208.06	9419439.79	
W-02	541619.43	9419770.56	
W-03	543353.33	9419665.49	
W-04	545783.92	9420209.63	
W-05A	549651.62	9422397.75	
W-06F1	550202.86	9422563.05	
W-06F2	550290.00	9422522.42	
W-07C	550301.65	9422423.11	
Port-MG	550266.06	9422337.18	PÓRTICO MIGUEL GRAU

2.2.4 Ruta de la Línea 220 kV Seccionamiento – Piura Oeste (Refuerzo)

Esta línea (LT04) constituye una repotenciación de un tramo de la línea existente 220 kV La Niña – Piura Oeste (L-2241 / L-2162) desde el punto de seccionamiento hasta la SE existente mencionada. Los vértices se denominan de acuerdo a la numeración actual de las torres del tramo de la línea existente repotenciada.

La línea se inicia en el vértice W-01A de la línea Miguel Grau – Seccionamiento (LT03) y termina en los pórticos existentes de la SE Piura Oeste.

No cruza otras líneas de alta tensión.

El trazo inicialmente sigue una dirección Nor Oeste pasa sobre terrenos de cultivo, cruza la carretera Panamericana Norte y llega a la torre T545 a partir de la cual se desplaza en forma paralela y cercana a la vía asfaltada que se dirige al Intercambio Vial Piura-Paita-Sullana con presencia alternada de cultivos y construcciones.

El eje cruza accesos vehiculares afirmados y no afirmados incluyendo trochas. Cruza la carretera Panamericana Norte cerca de las torres T529 y T545. No se registran restos arqueológicos.

La longitud horizontal de esta línea es de 12.7 km.

Las coordenadas de los vértices de la ruta son las siguientes:

CUADRO DE VÉRTICES UTM WGS84 – ZONA 17 LÍNEA 220 kV SECCIONAMIENTO – PIURA OESTE (REFUERZO) L-2143 / L-2144			
Vértice	**Este**	**Norte**	**Nota**
Circuitos L-2143 / L-2144			
W-01A	541131.69	9419469.20	SECCIONAMIENTO LINEA L-2162 / L-2241 ANTERIOR
T545	540995.30	9420363.41	
T561	535310.88	9424265.38	
T571	549651.62	9422397.75	
Circuito L-2143			
T572A	550202.86	9422563.05	
Port – PO Izq	550290.00	9422522.42	PÓRTICO PIURA OESTE (EXISTENTE)
Circuito L-2144			
T572	533283.38	9428587.80	
Port – PO Der	533341.89	9428623.45	PÓRTICO PIURA OESTE (EXISTENTE)

2.2.5 Faja de Servidumbre

Acorde a lo indicado por el CNE Suministro 2011, el ancho mínimo de la faja de servidumbre para la línea de 500 kV es 64 m y para las líneas de 220 kV es 25 m.

Anchos Mínimos de fajas de servidumbre (Tabla 219 del CNE Suministro 2011)	
Tensión nominal de la línea (kV)	**Ancho** (m)
10 – 15	6
20 – 36	11
50 – 70	16
115 – 145	20
220	25
500	64

2.2.6 Condiciones de operación y servicio

Condición de operación	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau	LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau	LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento	LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste(Refuerzo) (***)
Tensión nominal	500 kV	220 kV	220 kV	220 kV
Tensión de operación máxima (**)	550 kV	245 kV	245 kV	245 kV
Capacidad por límite térmico (**)	1400 MVA/terna	180 MVA/terna(*)	450 MVA/terna	450 MVA/terna
Capacidad en emergencia, 30' (**)	1820 MVA/terna	216 MVA/terna (*)	585 MVA/terna	585 MVA/terna
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Transposiciones	Si	No	No	No

Condición de operación	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau	LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau	LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento	LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste(Refuerzo) (***)
Pérdidas máximas (**)	0.0068 %/km	(*)	0.0330 %/km	0.0486 %/km
Tensión de sostenimiento al impulso tipo maniobra (fase-tierra) (**)	1175	-	-	-
Tensión de sostenimiento al impulso atmosférico (**)	1550 kVp	(*)	1050 kVp	1050 kVp
Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial (**)	-	(*)	460 kV	460 kV
Tasa de fallas por descargas atmosféricas	≤ 1 salidas/(100 km – año) (*)	(*)	≤ 2 salidas/(100 km – año)	≤ 2 salidas/(100 km – año)

(*) Igual a línea 220 kV La Niña – Piura Oeste existente. Emergencia +20%, 4 horas.
(**) Valores requeridos en el Anexo 1 del Contrato Enlace 1 de Pro Inversión.
(***) Se mantendrá el diseño (geometría, cadenas de aisladores) igual a la línea en 220 kV La Niña – Piura Oeste.

2.2.7 Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad (DMS) utilizadas en el diseño de la línea de transmisión están basadas en el Código Nacional de Electricidad-Suministro-2011.

Tabla 232-1a

Mínimas Distancias Verticales de Seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua
(Véase la Regla 232.B.1)
(en metros)

DESCRIPCION	NIVEL DE TENSIÓN			
	50 kV - 60 kV	138 kV	220 kV	500 kV
	Altitud 3 000 m.s.n.m.			Altitud 1 000 m.s.n.m.
Al cruce de vías de ferrocarril al canto superior del riel	9,4	10,50	11,0	13,5
Al cruce de carreteras y avenidas	7,6	8,1	8,5	12,0
Al cruce de calles	7,6	8,1	8,5	12,0
Al cruce de calles y caminos rurales	7,6	8,1	8,5	11,0
A lo largo de carreteras y avenidas	7,0	8,1	8,5	12,0
A lo largo de calles	7,0	8,1	8,5	12,0
A lo largo de calles y caminos rurales	7,0	8,1	8,5	11,0
A áreas no transitadas por vehículo	5,5	6,6	7,0	9,0
Sobre el nivel más alto de río no navegable	7,0	7,5	8,0	11,5
A terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	7,0	8,1	8,5	11,0

2.2.8 Puesta a tierra

Las puestas a tierra estarán conformadas por electrodos horizontales o contrapesos, colocados en cada pata.

Para las zonas de tránsito frecuente de personas se deberá obtener una resistencia de puesta a tierra promedio menor o igual a 10 Ω.

Para las zonas de tránsito no frecuente, se establece el valor promedio menor o igual a 25 Ω.

2.2.9 Materiales principales

a. Conductor de fase

Las características principales de los conductores de fase son las siguientes:

Condición de operación	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau	LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau	LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento	LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste(Refuerzo)
Tipo	ACAR	ACAR	ACAR	HTLS
Sección	ACAR 800 MCM (4 x fase)	ACAR 800 MCM (1 x fase)	ACAR 650 MCM (2 x fase)	450/44 mm² (1 x fase)

b. Cables de guarda o comunicaciones

Característica	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau		LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau	LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento	LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste(Refuerzo)
	CG1	CG2	CG1 (*)	CG1 (*)	CG1 (**)
Tipo	OPGW 48 Fibras 19.6 kA (0.5 s)	Acero EHS 70 mm² 7/16"	OPGW 12 Fibras 12.0 kA (0.5 s)	OPGW 12 Fibras 12.0 kA (0.5 s)	OPGW 12 Fibras 12.0 kA (0.5 s)

(*) Se instala cable OPGW similar al existente.

(**) Cable OPGW existente reutilizado.

c. Aisladores

Característica	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau			LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau		LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento		LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste (Refuerzo)	
	Susp. I	Susp. V	Ancl.	Susp. I	Ancl.	Susp. I	Ancl.	Susp. I	Ancl.
Tipo	Vidrio templado IEC U160BSP	Vidrio templado IEC U160BSP	Vidrio templado IEC U160BSP	Vidrio templado IEC U120BP3	Vidrio templado IEC U120BP3	Vidrio templado IEC U120BP3	Vidrio templado IEC U160BSP	Vidrio templado IEC U120BP3	Vidrio templado IEC U160BSP
Perfil	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog	Antifog
Paso	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm	146 mm

Característica	LT 500 kV La Niña – Miguel Grau			LT 220 kV Seccionamiento-Miguel Grau		LT 220 kV Miguel Grau - Seccionamiento		LT 220 kV Seccionamiento-Piura Oeste (Refuerzo)	
	Susp. I	Susp. V	Ancl.	Susp. I	Ancl.	Susp. I	Ancl.	Susp. I	Ancl.
Diámetro	330 mm	330 mm	330 mm	320 mm	320 mm	320 mm	320 mm	320 mm	320 mm
Línea de fuga	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm
Aisladores por cadena	1 x 32	2 x 32	2 x 33	1 x 17	1 x 18	1 x 17	1 x 18	1 x 17	1 x 18

d. Estructuras

Las estructuras utilizadas en la línea 500 kV son torres de celosía metálica galvanizadas en caliente, para simple terna y 2 cables de guarda, en disposición horizontal tipo "cabeza de gato".

Las estructuras utilizadas en las líneas 220 kV son torres de celosía metálica galvanizadas en caliente, para doble terna y 1 cable de guarda, en disposición vertical.

En el caso de la LT Seccionamiento – Piura Oeste (Refuerzo) se refuerzan las torres existentes.

2.3 Sistema de Telecomunicaciones y Control Digital

2.3.1 Sistema de Telecomunicaciones

El sistema de Telecomunicaciones para el sistema eléctrico del proyecto tendrá por objetivo interconectar la nueva subestaciones Miguel Grau con la subestación existente La Niña y Piura Oeste.

Funciones del Sistema

- • Comunicaciones telefónicas de coordinación operativa para el despacho de energía entre las subestaciones.
- • Transmisión de Teleprotección.
- • Transmisión de datos de Supervisión y Control

2.3.1.1 Infraestructura de Telecomunicaciones

La infraestructura implementada es la siguiente:

- Enlace de FO SDH/OP entre S.E. Miguel Grau 500kV – S.E. La Niña 500kV.
- Enlace de FO/OP entre S.E. Miguel Grau 220kV – S.E. Piura Oeste 220kV.
- Enlace de FO/OP entre S.E. Miguel Grau 220kV – S.E. La Niña 220kV. Para este enlace, se trasladará el equipo de teleprotección existente de la S.E. Piura Oeste 220kV hacia la S.E. Miguel Grau 220kv. Para el extremo de la S.E. La Niña se mantendrá el equipo de teleproteción existente.
- Enlace de FO entre S.E. Miguel Grau – S.E. Tingo María.
- Enlace de FO entre S.E. Miguel Grau – S.E. Pariñas.

a. Sistema de Telecomunicaciones Principal L.T. 500 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña

a.1 S.E. Miguel Grau

Tablero Multiplexor – Enlace hacia S.E. La Niña (=D500 / + Z001)

Equipos:

• 01 Multiplexor/ para multiplexación y demultiplexación de datos:

Modelo: TN1U SDH

Marca: General Electric.

• 01 Switch para red Central Telefónica:

Modelo: Reason S20

Marca: General Electric.

• 03 Switch PoE:

Modelo: EDS-P510A-8PoE-2GTXSFP y EDS-P506E-4PooE-2GTXSF

Marca: MOXA

• 01 NVR: para la administración de video vigilancia.

• 01 Central Telefónica P550 , Yeastar.

<u>Protocolos de comunicación</u>

IEC61850 :

• Switches S20 para Central Telefonica.

IEEE C37.94:

• Módulo de Mux / 02 x DATA-NX64F : para Teleprotección

TCP/IP :

• Módulo de Mux / ETHER 1000 : para servicios de video vigilancia y telefonía.

IEEE C37.118 :

• Módulo de Mux / ETHER 1000 : para servicios de data PMU.

a.2 S.E. La Niña

Tablero Multiplexor – Enlace hacia S.E. Miguel Grau (=D500 / + Z001)

Equipos:

• 01 Multiplexor/ para multiplexación y demultiplexación de datos:

Modelo:TN1U SDH.

Marca: General Electric.

• 02 Switch PoE:

Modelo: EDS-P510A-8PoE-2GTXSFP y EDS-P510A-8PooE-2GTXSFP

Marca: MOXA

• 01 Central Telefónica P550, Yeastar.

<u>Protocolos de comunicación</u>

IEEE C37.94:

• Módulo de Mux / 02 x DATA-NX64F : para Teleprotección

TCP/IP :

• Módulo de Mux / ETHER 1000 : para servicios de video vigilancia y telefonía.

IEEE C37.118 :

• Módulo de Mux / ETHER 1000: para servicios de data PMU.

b. Sistema de Telecomunicaciones Secundario L.T. 500 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña

b.1 S.E. Miguel Grau

Tablero de Onda Portadora – Enlace hacia S.E. La Niña 500kV (=D500 / + T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para teleprotección:

Modelo:T390.

Marca: General Electric

b.2 S.E. La Niña

Tablero de Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Miguel Grau 500kV (=D500 / + T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para protección:

Modelo:T390.

Marca: General Electric.

c. Sistema de Telecomunicaciones Principal Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña (L-2162A/L-2241A)

El operador Internexa se encarga de la recepción y transmisión de señales de teleprotección (utilizando los protocolos C37.94 y Data X.21) entre las Subestaciones Eléctricas Miguel Grau y La Niña, mediante el uso de fibra óptica OPGW instalada en la nueva línea hacia la Subestación Miguel Grau y multiplexores instalados en ambos extremos. Además, se garantiza la conectividad por FO desde la Subestación Miguel Grau hacia la Subestación La Niña.

d. Sistema de Telecomunicaciones Secundario Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña (L-2162A/L-2241A)

Para este enlace, se trasladará el equipo de onda portadora y teleprotección existente de la S.E. Piura Oeste 220kV hacia la S.E. Miguel Grau 220kv. Para el extremo de la S.E. La Niña se mantendrá el equipo de onda portadora y teleproteción existente.

e. Sistema de Telecomunicaciones Principal Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. Piura Oeste (L-2162B/L-2241B)

El operador Internexa se encarga de la recepción y transmisión de señales de teleprotección (utilizando los protocolos C37.94 y Data X.21) entre las Subestaciones Eléctricas Miguel Grau y Piura, mediante el uso de fibra óptica OPGW instalada en la nueva línea hacia la Subestación Miguel Grau y multiplexores instalados en ambos extremos. Además, se garantiza la conectividad por FO desde la Subestación Miguel Grau hacia la Subestación Piura.

f. Sistema de Telecomunicaciones Secundario Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. Piura Oeste (L-2162B/L-2241B)

f.1 S.E. Miguel Grau

• Tablero Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Piura Oeste 220kV (=D200 / +T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para Teleprotección:
Modelo:T390.
Marca: General Electric.
• 02 Relé para Teleprotección:

Modelo:UR-C30

Marca: General Electric.

f.2 S.E. Piura Oeste

• Tablero Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Miguel Grau 220kV (=D200 / + T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para Teleprotección:

Modelo:T390.

Marca: General Electric.

• 02 Relé paraTeleprotección:

Modelo:UR-C30

Marca: General Electric.

g. Sistema de Telecomunicaciones de Respaldo – Miguel Grau – La Niña

Se cuentan con los siguientes enlaces:

Item	Proyecto E1	Medio Físico	Origen	Destino	Capacidad
1	SCADA &ICCP (Backup)	Satelital	SE La Niña	SE Miguel Grau	72 Kbps
2	Telefonía	Satelital	SE La Niña	SE Miguel Grau	128 Kbps

2.3.1.2 Enlaces hacia el Centro de Control Empresarial y al COES

Se cuentan con los siguientes enlaces:

Item	Proyecto E1	Medio Físico	Origen	Destino	Capacidad
1	COES Principal	Fibra Óptica	SE Miguel Grau	Sede principal COES (San Isidro)	216 Kbps
2	COES Secundario	Fibra Óptica	SE Miguel Grau	Sede COES Secundario (San Juan)	216 Kbps
3	PDC COES	Fibra Óptica	SE Miguel Grau	Sede principal COES (San Isidro)	2880 Kbps
4	COES Principal (Backup)	Satelital	SE Miguel Grau	Sede COES Principal (San Isidro)	216 Kbps
5	COES Secundario (Backup)	Satelital	SE Miguel Grau	Sede COES Secundario (San Juan)	216 Kbps

Las señales de las subestaciones Alipio Rosales, Ampliación Pariñas, Leoncio Prado y Ampliación Aguaytía serán conectadas a través del operador de telecomunicaciones por su red fibra óptica y satelital hacia el Centro de Control Empresarial en la S.E. Miguel Grau, para su remisión al COES.

2.3.1.3 Teleprotección

a. Teleprotección Principal L.T. 500 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña

a.1 S.E. Miguel Grau

Tablero Multiplexor – Enlace hacia S.E. La Niña (=D500 / + Z001)

Equipos:

• 01 Multiplexor/ para multiplexación y demultiplexación de datos:

Modelo: TN1U SDH

Marca: General Electric.

Protocolos de comunicación

IEEE C37.94:

• Módulo de Mux / 02 x DATA-NX64F : para Teleprotección

a.2 S.E. La Niña

Tablero Multiplexor – Enlace hacia S.E. Miguel Grau (=D500 / + Z001)

Equipos:

• 01 Multiplexor/ para multiplexación y demultiplexación de datos:

Modelo:TN1U SDH.

Marca: General Electric.

Protocolos de comunicación

IEEE C37.94:

• Módulo de Mux / 02 x DATA-NX64F : para Teleprotección

b. Teleprotección de Respaldo L.T. 500 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña

b.1 S.E. Miguel Grau

Tablero de Onda Portadora – Enlace hacia S.E. La Niña 500kV (=D500 / + T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para teleprotección:

Modelo:T390.

Marca: General Electric

b.2 S.E. La Niña

Tablero de Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Miguel Grau 500kV (=D500 / + T001)

Equipos:

• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para protección:

Modelo:T390.

Marca: General Electric.

c. Teleprotección Principal Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña (L-2162A/L-2241A)

El operador Internexa se encarga de la recepción y transmisión de señales de teleprotección (utilizando los protocolos C37.94 y Data X.21) entre las Subestaciones Eléctricas Miguel Grau y La Niña, mediante el uso de fibra óptica OPGW instalada en la nueva línea hacia la Subestación Miguel Grau y multiplexores instalados en ambos extremos. Además, se garantiza la conectividad por FO desde la Subestación Miguel Grau hacia la Subestación La Niña.

d. Teleprotección de Respaldo Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. La Niña (L-2162A/L-2241A)

Para este enlace, se trasladará el equipo de teleprotección existente de la S.E. Piura Oeste 220kV hacia la S.E. Miguel Grau 220kv. Para el extremo de la S.E. La Niña se mantendrá el equipo de teleproteción existente.

e. Teleprotección Principal Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. Piura Oeste (L-2162B/L-2241B)

El operador Internexa se encarga de la recepción y transmisión de señales de teleprotección (utilizando los protocolos C37.94 y Data X.21) entre las Subestaciones

Eléctricas Miguel Grau y Piura, mediante el uso de fibra óptica OPGW instalada en la nueva línea hacia la Subestación Miguel Grau y multiplexores instalados en ambos extremos. Además, se garantiza la conectividad por FO desde la Subestación Miguel Grau hacia la Subestación Piura.

f. Teleprotección de Respaldo Variante 220 kV S.E. Miguel Grau – S.E. Piura Oeste (L-2162B/L-2241B)

f.1 S.E. Miguel Grau

• Tablero Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Piura Oeste 220kV (=D200 / +T001)

Equipos:
• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para Teleprotección:
Modelo:T390.
Marca: General Electric.
• 02 Relé para Teleprotección:
Modelo:UR-C30
Marca: General Electric.

f.2 S.E. Piura Oeste

• Tablero Onda Portadora – Enlace hacia S.E. Miguel Grau 220kV (=D200 / + T001)

Equipos:
• 01 Onda Portadora/ Protección Analogica para Teleprotección:
Modelo:T390.
Marca: General Electric.
• 02 Relé paraTeleprotección:
Modelo:UR-C30
Marca: General Electric.

2.3.2 Sistema de Control Digital

2.3.2.1 S.E. Miguel Grau

• El sistema de automatización está basado en la plataforma de integración MCP STUDIO sobre el GATEWAY de Subestación G500 General Electric. para el Nivel 2
• Plataforma UR General Electric (Enervista) para el Nivel 1,

Estos conforman el sistema donde se llevan a cabo todas las funciones de protección y control para la correcta operación de los sistemas eléctricos de potencia involucrados.

a. En el nivel 1

Se ha diseñado una topología de comunicación de doble anillo PRP, IEC 61850.

Los IEDs se encuentran distribuidos en los siguientes tableros:

<u>MIGUEL GRAU 500kV</u>
• 01 tablero diferencial de barras A y B – Registrador de fallas 500kV (=D500 /+ W501)
Diámetro 2
• 01 tablero de protección de transformador SVC 500/33kV TR-02 diámetro 2 (=D502.1/+ W521)
• 01 tablero de protección autotransformador ATR-01 500/220/33Kv diámetro 2 (=D502.2 /+ W522)
• 01 tablero de protección corte B y medición diámetro 2 (=D502 /+ W523)
• 01 tablero de control y mando sincronizado diámetro 2 (=D502 /+ W524)
Diámetro 3
• 01 tablero de protección de línea L-5012 diámetro 3 (=D503.2/W531)
• 01 tablero de protección, control y medición Diámetro 3 (=D503/+W532)
• 01 tablero de protección de reactor línea RE-02 y neutro RN-02 (=D503.2/+W533)

MIGUEL GRAU 220kV

• 01 tablero protección diferencial de barras A y B Registrador de fallas (=D200/+W201)

• 01 tablero de protección, control y medición línea L-2162 (=D201/+ W211)

• 01 tablero de protección, control y medición línea L-2241 (=D202/+ W221)

• 01 tablero de protección, control y medición línea L-2243 (=D203/+ W231)

• 01 tablero de protección, control y medición línea L-2144 (=D204/+ W241)

• 01 tablero de protección y control bahía de acoplamiento (=D205/+ W251)

• 01 tablero de control de autotransformador 220kV/ Protección y control lado 33kV (=D206/+ W261)

b. En el nivel 2

Protocolos de Comunicación:

En el nivel 2 se emplean los siguientes protocolos de comunicación:

• IEC61850

En configuración PRP: Para comunicación con IEDs del nivel 1

• DNP3

Para comunicación con medidores multifuncion del nivel 1 y equipos de servicios auxiliares

• IEC 60870-5-104

SCADA de SE Miguel Grau 500/220kV.

Protocolos de Sincronización:

• PTP / IRIG-B

Sincronización de reloj

Infraestructura

Los equipos de nivel 2 se encuentran distribuidos en los siguientes tableros:

• 01 Tablero SAS (Sistema de Automatización de Subestación (=D000/+ Y001)

Para este tablero se especificarán sus componentes y los protocolos de comunicación empleados.

Equipos:
• 02 RTU/Gateway para control de subestacion: G500, General Electric
• 02 GPS + 2 antenas GPS, Reason RT430, General Electric
• 02 Switch para red PRP: Reason S20, General Electric
• 01 RTU de Servicios auxiliares: UR-C30, General electric
• 01 HMI E1920H, DELL

Protocolos de comunicación

IEC61850 PRP/DNP3:
• Switches S20 para red PRP A y B.
• RTU/Gateway G500 Principal
• RTU/Gateway G500 Redundante

PTP/IRIG-B:
• GPS RT470

IEC 60870-5-104:
• RTU/Gateway G500 Principal
• RTU/Gateway G500 Redundante

c. En el nivel 3

Protocolos de Comunicación:

En el nivel 3 se emplean los siguientes protocolos de comunicación:

• IEC 60870-5-104:
Nivel 2 de SE Miguel Grau 500/220kV.
Nivel 2 de SE La Niña 500kV.
Nivel 2 de SE Pariñas 220kV.
Nivel 2 de SE Alipio Rosales 220kV.
Nivel 2 de SE Tingo María 220kV.
Nivel 2 de SE Aguaytía 220kV.
Nivel 2 de SE Leoncio Prado 220kV.

• ICCP:
Centros de Control Principal y de Respaldo del COES

Infraestructura

Los equipos de nivel 3 se encuentran distribuidos en los siguientes tableros: 02 tableros de Servidores (Principal y Respaldo). Para este tablero se especificarán sus componentes y los protocolos de comunicación empleados.

• Tablero de Servidores Principales (=D000/+ S001)

Equipos:

• 03 Servidores Power Edge R250
• 02 Switches Reason S20

• 01 Switch Redbox Reason H49

• 04 Firewall MOXA EDR-810-2GSFP

Protocolos de comunicación:

IEC 60870-5-104:

• Servidor SCADA Power Edge R250

ICCP:

• Servidor ICCP Power Edge R250

• Tablero de Servidores Secundarios (=D000/+ S002)

Equipos:

• 03 Servidores Power Edge R250

Protocolos de comunicación:

IEC 60870-5-104:

• Servidor SCADA Power Edge R250

ICCP:

• Servidor ICCP Power Edge R250

2.3.2.2 S.E. La Niña

• El sistema de automatización está basado en la plataforma de integración MCP STUDIO sobre el GATEWAY de Subestación G500 General Electric. para el Nivel 2

• Plataforma UR General Electric (Enervista) para el Nivel 1,

Estos conforman el sistema donde se llevan a cabo todas las funciones de protección y control para la correcta operación de los sistemas eléctricos de potencia involucrados.

a. En el nivel 1

Se ha diseñado una topología de comunicación de doble anillo PRP, IEC 61850.

Los IEDs se encuentran distribuidos en los siguientes tableros:

• 01 tablero de protección de línea L-5012 Diámetro 1 (=D501.1/+W511)
• 01 tablero protección, control y medición - Diámetro 1 (=D501/+W512)
• 01 tablero de protección y control de Reactor línea RE-01 y neutro RN-01 (=D501.1/+W513)
• 01 tablero de protección y control de Corte C Diámetro 3 (=D503/+W531) (Línea Trujillo Norte)

b. En el nivel 2

<u>Protocolos de Comunicación:</u>

En el nivel 2 se emplean los siguientes protocolos de comunicación:

• IEC61850

En configuración PRP: Para comunicación con IEDs del nivel 1

• DNP3

Para comunicación con medidores multifunción del nivel 1 y de SS.AA.

• IEC 60870-5-104

SCADA Zenon 12 de SE Miguel Grau 500/220kV.

SCADA de SE La Niña (ISA REP)

Protocolos de Sincronización:

• PTP / IRIG-B

Sincronización de reloj

<u>Infraestructura</u>

Los equipos de nivel 2 se encuentran distribuidos en el tablero

• 01 Tablero SAS - Sistema de Automatización de Subestaciones (=D500/+ Y001)

Para este tablero se especificarán sus componentes y los protocolos de comunicación empleados.

Equipos:

• 02 RTU/Gateway para control de la Subestación:

Modelo: G500

Marca: General Electric

Protocolos: IEC 61850, DNP3, IEC 60870-5-104, PTP

• 02 GPS + 2 antenas GPS:

Modelo: Reason RT430

Marca: General Electric

Protocolo: PTP, IRIG-B, SNTP

• 02 switch para–RED PRP:

Modelo: Reason S20

Marca: General Electric

Protocolo: IEC 61850, PTP

• 02 Firewall:

Modelo: EDR-810-2GSFP

Marca: Moxa.

• 01 RTU de Servicios Auxiliares:

Modelo: UR-C30

Marca: General Electric.

• 01 Switch Redbox:

Modelo: Reason H49,

Marca: General Electric

• 01 HMI: E1920H, DELL

b. En el nivel 3 (Interconexión)

Se mantiene comunicación desde nivel 2 hacia SCADA Miguel Grau.

• IEC 60870-5-104 (hacia nivel 3)

SCADA de SE Miguel Grau 500/220kV.

SCADA de SE La Niña (ISA REP)

2.3.3 Sistema WAMPAC

2.3.3.1 S.E. Miguel Grau

El Sistema WAMPAC se centra en la recopilación de datos analógicos de medición para el análisis y la monitorización del sistema eléctrico en tiempo real enviados desde los equipos PMUs hacia el concentrador de datos fasoriales PDC. El equipo GPG tiene la capacidad de realizar los procesos correspondientes al Sistema WAMPAC, como también es el encargado de recibir los datos fasoriales del concentrador de la S.E. La Niña 500Kv, S.E. Pariñas 220kV, S.E. Alipio Rosales 220Kv, S.E. Leoncio Prado 220kV y S.E. Aguaytía 220Kv; para enviarlos hacia el concentrador de datos fasoriales del COES.

Los equipos se encuentran distribuidos en el tablero:

• 01 Tablero PDC sistema de sincronización fasorial (=D500/+P001)

Equipos:

• 01 PDC/Sincronización de Datos Fasoriales.

Modelo: GPG

Marca: General Electric

Protocolos: IEEE 37.118, PTP

• 01 switch para–RED PRP:

Modelo: Reason S20

Marca: General Electric

Protocolo: IEEE 37.118

2.4 Equipo automático de Compensación Reactiva

En la subestación de 500 kV de Miguel Grau es necesario un dispositivo EACR para ajustar continuamente la potencia reactiva en el nodo. La regulación está prevista en el rango de 150 Mvar inductivos hasta 300 Mvar capacitivos, referidos a una tensión de 1.00 p.u. de esta barra de 500 kV, como se solicita en el documento Ministerio de Economía y Finanzas VF_CC_-_EL-10-LN-P Anexo N.1 – ESPECIFICATIONES DEL PROYECTO – "ENLACE 500 kV LA NIÑA – PIURA, SUBESTACIONES, LINEAS Y AMPLIACIONES ASOCIADAS".

De acuerdo con los requisitos del documento antes indicado, se ha considerado una capacidad de sobrecarga para el sistema SVC como se indica en la tabla siguiente, es decir, el SVC está proyectado para una sobrecarga de 5% sin ninguna limitación de tiempo.

Rango de operación y sobrecarga	
Nivel de tensión 1.05 p.u. – rango inductivo	5% sin limitación
Nivel de tensión 1.05 p.u. – rango capacitivo	Sin limitación
Nivel de tensión 1.2 p.u. – rango inductivo	10 s
Nivel de tensión 1.3 p.u. – rango inductivo	1 s

El SVC considerado por el fabricante tiene una capacidad de sobrecarga mayor a la requerida en el Anexo 1 de contrato según se muestra a continuación:

Nivel de tensión [p.u.]	Rango inductivo [s]	Rango capacitivo [s]
0.70 - 0.95	-	Continuo
0.95 - 1.05	Continuo	Continuo
1.05 - 1.10	Continuo	-
1.10 - 1.20	15	-
1.20 - 1.30	10	-
>1.30	1	-

El sistema elegido como EACR es un Compensador de Var Estático (Static Var Compensator SVC), capaz por un lado de satisfacer los requisitos de rendimiento (tanto estáticos como dinámicos) requeridos en el documento antes indicado y por otro lado de permitir, mediante la adopción de filtros de armónicos dedicados, participar en la mitigación de armónicos presentes en el sistema peruano (con especial atención al 5º y 7º).

El sistema SVC debe operar en la red y las condiciones ambientales presentes en el sitio de instalación.

2.4.1 Configuración y datos de SVC

A continuación, se presenta una breve descripción del esquema del SVC.
El diagrama unifilar simplificado se muestra en la Ilustración 1.

La tensión nominal en el lado de media tensión del SVC fue seleccionado por el fabricante igual a 33 kV, en función de las opciones tecnológicas específicas que el propio fabricante aplica en el caso de los sistemas EACR.

El SVC está compuesto por las siguientes ramas:

- 1 TCR (Thyristor Control Reactor) con potencia de diseño 271.5 Mvar, en V=33 kV, (con ángulo de disparo mínimo igual a 92°), conectado en triángulo;

Nota 1: si se consideran los tiristores cortocircuitados, a la tensión nominal la potencia del TCR es: $3*33^2/ [377*(15.25+15.25)/1000] = 284$ Mvar.

Nota 2: en realidad la potencia máxima del TCR está limitada por la corriente máxima de los reactores.

- 1 TSC (Thyristor-Switched Capacitor) de 200 Mvar, potencia de diseño 165 Mvar en V=33 kV, conectado en triángulo;

- 4 bancos de filtros, todos del tipo "High Pass", con interruptor y conectados en estrella:

  - uno de 10.63 Mvar a V=33 kV sintonizado en la 3ª armónica
  - uno de 39.06 Mvar a V=33 kV sintonizado en la 5ª armónica
  - uno de 31.98 Mvar a V=33 kV sintonizado en la 7ª armónica
  - uno de 18.91 Mvar a V=33 kV sintonizado en la 11ª armónica

La suma de la potencia reactiva de todas las ramas capacitivas menos la potencia inductiva absorbida por la inductancia del transformador, generan 300 Mvar en el lado de AT. La inductancia del transformador aumenta la potencia inductiva de la suma de las potencias del TCR y Filtros durante el funcionamiento inductivo hasta 150 Mvar.

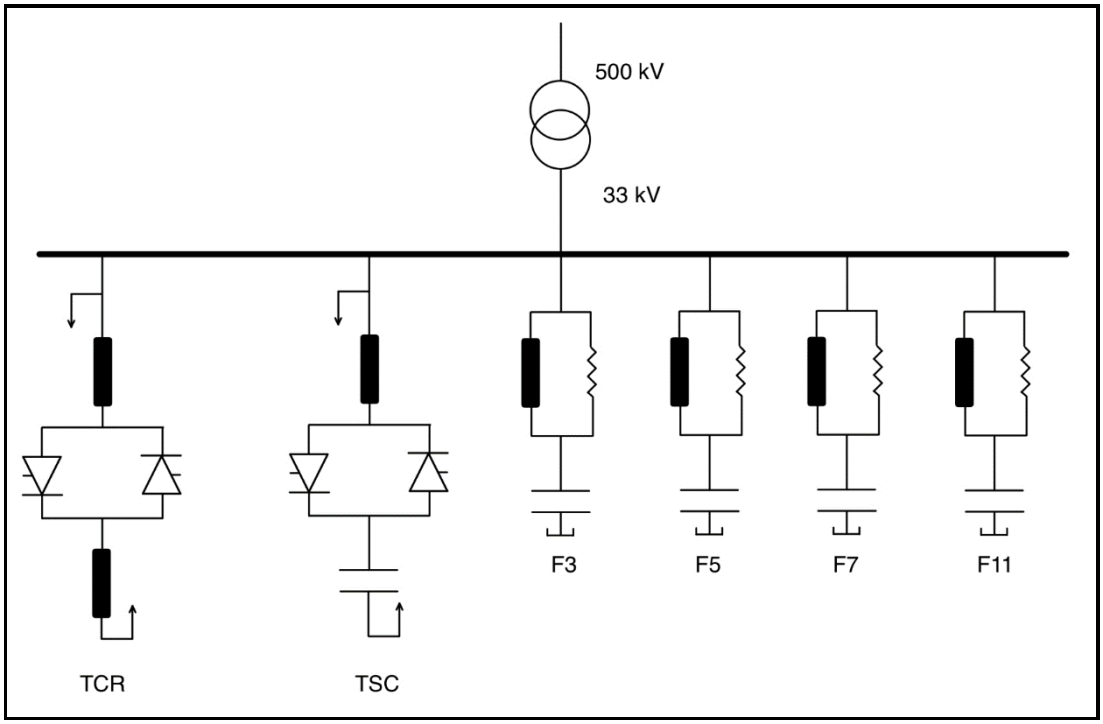


Ilustración 1: Diagrama unifilar SVC simplificado

En cuanto al banco de transformadores que conecta el SVC a la red de 500 kV, a continuación, se indican los parámetros principales:

Número de unidades	Tres (03) (más uno de reserva) unidades monofásicas
Potencial Nominal	210 - 300 MVA (ONAN - ONAF)
Reactancia de cortocircuito	16%
Relación de transformación	500 / 33 kV
Grupo de conexión	YNd11

Los datos principales de las distintas ramas del EACR capaces de filtrar las corrientes armónicas generadas por el TCR, es decir, el TSC y los bancos de filtros, se indican en la Tabla 1.

Tabla 1 – Características principales del TCR, TSC y los bancos de filtros

Param.	Unidad	TCR	TSC	Filtro 3	Filtro 5	Filtro 7	Filtro 11
fo	Hz	60	60	60	60	60	60
wo	1/s	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0

Un	kV	33	33	33	33	33	33
Q	Mvar	271.5 (*)	165.0	10.63	39.06	31.98	18.91
fn	Hz	-	268.4	180.0	300.0	396.0	660.0
n	-	-	4.47	3.00	5.00	6.60	11.00
L	mH	2x15.25	2.76	33.98	3.08	2.12	1.27
C	uF	-	127.3	23.01	91.34	76.11	45.68
Rp	Ohm	-	120	120	65	40	40
Conexión	-	D	D	Y	Y	Y	Y

fo: frecuencia de red
Un: tensión nominal
Q: potencia reactiva
fn: frecuencia de ajuste
n: orden armónico
L: inductancia reactor
C: capacidad banco
Rp: resistencia en paralelo al inductor
(*) Con ángulo de disparo mínimo igual a 92° y tensión 33 kV

Como puede verse, el TSC se comporta como un filtro amortiguado ("high-pass") sintonizado en el orden armónico n=4,47 (por lo tanto, capaz de filtrar las corrientes armónicas de orden 5). El motivo de esta elección también radica en el hecho de poder activar el TSC con una corriente de inserción limitada gracias a la presencia del reactor en serie con la batería de capacitores.

En cuanto a los componentes del TCR, para cada rama, los reactores están divididos en dos unidades idénticas (práctica común en las soluciones SVC), colocadas a ambos lados de la válvula de tiristores bidireccional. El valor de inductancia de cada unidad es igual a 15,25 mH.

El TCR al conducir puede sobre y/o sub-compensar los filtros y el TSC (si está en funcionamiento), proporcionando así la salida de potencia reactiva necesaria para alcanzar los puntos de diseño de potencia reactiva del SVC.

En la Tabla 2 se muestra los puntos de trabajo de los distintos componentes del SVC para el rango operativo esperado para la potencia reactiva.
En particular, los valores de la Tabla 2 se calcularon con la tensión de red de 500 kV igual a la nominal. Es posible observar en la tabla que, para los puntos de trabajo de entre 30 y 90 Mvar capacitivos es posible trabajar con o sin el TSC en servicio.

Tabla 2 - Potencias reactivas de los TCR, TSC, bancos de filtros y del transformador step-up en el rango de funcionamiento del SVC.

Upu500 [p.u.]	UpuMV [p.u.]	Qtcr MV [Mvar]	Qfil MV [Mvar]	Qtsc MV [Mvar]	Qtr [Mvar]	Qtot 500 [Mvar]	TSC on/off
1.00	1.160	8.64	-135.34	-222.08	48.78	-300	ON
1.00	1.144	37.99	-131.64	-216.00	39.64	-270	ON
1.00	1.128	66.52	-127.98	-210.00	31.46	-240	ON
1.00	1.112	94.22	-124.38	-204.09	24.24	-210	ON
1.00	1.096	121.10	-120.82	-198.26	17.98	-180	ON
1.00	1.080	147.15	-117.32	-192.51	12.68	-150	ON
1.00	1.064	172.38	-113.87	-186.85	8.34	-120	ON
1.00	1.048	196.78	-110.47	-181.27	4.96	-90	ON
1.00	1.048	15.51	-110.47	0.00	4.96	-90	OFF
1.00	1.032	220.36	-107.13	-175.78	2.55	-60	ON
1.00	1.032	44.58	-107.13	0.00	2.55	-60	OFF
1.00	1.016	243.12	-103.83	-170.37	1.09	-30	ON
1.00	1.016	72.75	-103.83	0.00	1.09	-30	OFF
1.00	1.000	100.00	-100.59	0.00	0.59	0	OFF
1.00	0.984	126.35	-97.39	0.00	1.05	30	OFF
1.00	0.968	151.78	-94.25	0.00	2.47	60	OFF
1.00	0.952	176.31	-91.16	0.00	4.85	90	OFF
1.00	0.936	199.93	-88.13	0.00	8.19	120	OFF
1.00	0.920	222.64	-85.14	0.00	12.50	150	OFF

Upu500: tensión lado 500 kV en pu
UpuMV: tensión lado 33 kV en pu
Qtcr MV: potencia reactiva absorbida por el TCR lado 33 kV en Mvar
Qfil MV: potencia reactiva generada por los filtros lado 33 kV en Mvar
Qtsc MV: potencia reactiva generada por el TSC lado 33 kV en Mvar
Qtr: potencia reactiva absorbida por el transformador en Mvar
Qtot 500: Potencia reactiva (-) generada (+) absorbida por el SVC lado 500 kV en Mvar

3. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO

3.1 Conclusiones Estudios de Estado Estacionario

Se realizaron los análisis de estado estacionario del Proyecto Enlace 500 kV La Niña – Miguel Grau, mediante simulaciones de flujo de carga y cortocircuito a fin de evaluar el impacto del proyecto sobre la operación del SEIN.

Para los análisis de flujo de carga se consideró diez (10) casos de estudio asociados a distintas configuraciones de la red del proyecto, tal como se muestra en la tabla siguiente tabla:

Tabla - Configuración de los Casos de Estudio Evaluados.

Instalaciones	CASO 0	CASO 0.1	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7	CASO 8	CASO 9	CASO 10
Pariñas - Alipio Rosales-Zorritos 220		X	X		X	X			X	X		
SE Miguel Grau 500/220 kV			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (1era terna)					X	X	X	X	X	X	X	X
SVC Miguel Grau					X		X		X		X	
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (2da terna)									X	X	X	X

- El CASO 0 representa el escenario Sin Proyecto.
- Del CASO 1 al CASO 10 representan distintas configuraciones del Proyecto.
- El CASO 7 representa el caso base del Proyecto.
- Sobre el CASO 7 se evaluaron tres sensibilidades operativas considerando el intercambio de energía con el ECUADOR y el despacho de las centrales de Malacas.

3.1.1 Conclusiones del Análisis de Flujo de Potencia en Operación Normal

En todos los casos analizados los niveles de tensión en la zona de influencia del proyecto se encuentran dentro del margen de +/- 2.5% de la tensión nominal, asimismo, no se presentan sobrecargas en líneas y transformadores, a excepción del caso de sensibilidad 1, donde se presenta una máxima caída de voltaje de 4% en la barra de Zorritos 220kV y sobrecarga de 2% en la línea de 500kV Chimbote – Carabayllo, los cuales no son atribuibles al proyecto. En las siguientes tablas se muestran un resumen de los resultados.

Tabla - Resumen de resultados de flujo de carga en operación normal.

Instalaciones	CASO 0	CASO 0.1	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7
Pariñas - Alipio Rosales-Zorritos 220		X	X		X	X			X
SE Miguel Grau 500/220 kV			X	X	X	X	X	X	X
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (1era terna)					X	X	X	X	X
SVC Miguel Grau					X		X		X
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (2da terna)									X
Perfil de tensión	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom
Nivel de carga en líneas de transmisión	L1: 43% L3: 13% L4:14% L5: 59%	L1: 44% L3: 13% L4:14% L5: 59%	L1: 45% L2: 4% L3: 13% L4:13% L5: 59%	L1: 45% L2: 4% L3: 13% L4:14% L5: 59%	L1: 45% L2: 11% L3: 12% L4:17% L5: 33% L6: 16% L7: 34%	L1: 47% L2: 10% L3: 10% L4:16% L5: 34% L6: 15% L7: 34%	L1: 45% L2: 11% L3: 12% L4:17% L5: 34% L6: 16% L7: 34%	L1: 47% L2: 10% L3: 10% L4:16% L5: 33% L6: 15% L7: 34%	L1: 45% L2: 12% L3: 12% L4:17% L6: 20% L7: 23%
Nivel de carga en transformadores de potencia	T1: 26% T2: 31%	T1: 26% T2: 31%	T1: 26% T2: 32%	T1: 26% T2: 32%	T1: 25% T2: 15% T3: 17%	T1: 25% T2: 15% T3: 17%	T1: 23% T2: 14% T3: 17%	T1: 25% T2: 15% T3: 17%	T1: 25% T2: 14% T3: 19%

L1: La Niña - Trujillo Norte 500 kV
L2: La Niña - Miguel Grau 500 kV
L3: Chiclayo Oeste - La Niña 220 kV
L4: Felam - La Niña 220 kV
L5: La Niña - Piura Oeste 220 kV
L6: La Niña - Miguel Grau 220 kV
L7: Miguel Grau - Piura Oeste 220 kV
T1: Transformador Trujillo Nueva 500/220 kV
T2: La Niña 500/220 kV
T3: Miguel Grau 500/220 kV

Tabla - Resumen de resultados de flujo de carga en operación normal.

Instalaciones	CASO 8	CASO 9	CASO 10	SENSIB. 1	SENSIB. 2	SENSIB. 3
Pariñas - Alipio Rosales-Zorritos 220	X			X	X	X
SE Miguel Grau 500/220 kV	X	X	X	X	X	X
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (1era terna)	X	X	X	X	X	X
SVC Miguel Grau		X		X	X	X
LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (2da terna)	X	X	X	X	X	X
Perfil de tensión	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom	+/- 2.5% Vom
Nivel de carga en líneas de transmisión	L1: 48% L2: 11% L3: 10% L4:16% L6: 19% L7: 23%	L1: 45% L2: 12% L3: 12% L4:17% L6: 20% L7: 24%	L1: 47% L2: 11% L3: 10% L4:16% L6: 20% L7: 24%	L1: 50% L2: 14% L3: 14% L4:11% L6: 25% L7: 30%	L1: 44% L2: 11% L3: 12% L4:17% L6: 19% L7: 22%	L1: 37% L2: 9% L3: 27% L4:34% L6: 26% L7: 20%
Nivel de carga en transformadores de potencia	T1: 25% T2: 13% T3: 19%	T1: 25% T2: 14% T3: 19%	T1: 25% T2: 13% T3: 19%	T1: 24% T2: 15% T3: 24%	T1: 25% T2: 14% T3: 18%	T1: 26% T2: 10% T3: 13%

L1: La Niña - Trujillo Norte 500 kV
L2: La Niña - Miguel Grau 500 kV
L3: Chiclayo Oeste - La Niña 220 kV
L4: Felam - La Niña 220 kV
L5: La Niña - Piura Oeste 220 kV
L6: La Niña - Miguel Grau 220 kV
L7: Miguel Grau - Piura Oeste 220 kV
T1: Transformador Trujillo Nueva 500/220 kV
T2: La Niña 500/220 kV
T3: Miguel Grau 500/220 kV

La conexión del Proyecto refuerza el enlace La Niña – Piura Oeste 220 kV, mediante la implementación de un nuevo enlace en 500 kV, esto permite reducir los niveles de carga de dicho enlace de 59% a menos de 30%.

Ante los escenarios CASO 4, CASO 8 y CASO 10, se observaron perfiles de tensión superiores a 1.025 p.u. en las barras de La Niña y Alipio Rosales. Es importante señalar

que el sistema dispone de equipamiento de compensación reactiva adecuado para mitigar dichas sobretensiones. Las soluciones sugeridas para cada escenario de operación incluyen: la desconexión del banco de capacitores en la SET Zorritos, la activación del reactor de barra en la SE Piura Oeste, o la activación del reactor de barra en la SE Pariñas. Además, al operar el SVC, se logrará mantener las tensiones dentro del margen de +/- 2.5%, tal como se muestra en los resultados de los escenarios CASO 3, CASO 7 y CASO 9.

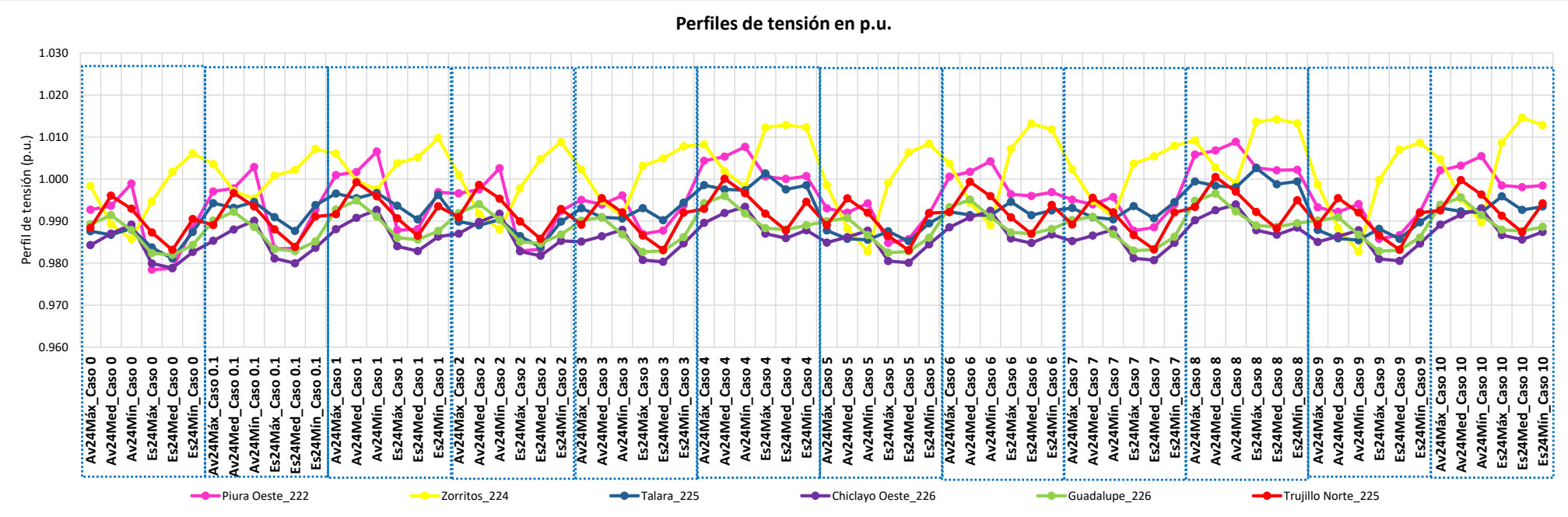
3.1.2 Verificación de las tensiones de operación definidas por el COES

Se evaluó el impacto del proyecto sobre el perfil de tensiones de las barras aledañas (Zorritos 224 kV, Talara 225 kV, Piura Oeste 222 kV, Chiclayo Oeste 226 kV, Guadalupe 226 kV y Trujillo Norte 225 kV). En la siguiente tabla se muestra el perfil de tensiones para todos los casos analizados (del Caso 0 al Caso 10) y en los escenarios de estiaje 2024 y avenida 2025, en máxima, media y mínima demanda.

Tal como se observa, los perfiles de tensión en todos los casos se mantienen entre 0.98 p.u. y 1.01 p.u. de la tensión de operación, asimismo, se observa un comportamiento similar en los escenarios de máxima, media y mínima demanda.

Por lo descrito, se concluye que la conexión del proyecto no deberá modificar las tensiones de operación definidas por COES en el Informe COES D/DP/SNP-INF-033-2022.
Se dan más detalles del análisis en el Anexo 05 del presente informe.

Tabla - Perfil de tensiones en operación normal.



3.1.3 Conclusiones del Análisis de Flujo de Potencia en Operación con Contingencia

Se evaluaron 23 contingencias en cada uno de los casos de estudio y sensibilidades propuestas. Los resultados se resumen en las Tablas que se muestran al final del presente item.

En general ante las contingencias evaluadas no se observan transgresiones a los límites aceptables para una operación en contingencias; los perfiles de tensión son mayores a 0.90 p.u. y menores a 1.075 p.u., las sobrecargas en líneas son menores al 20% de la capacidad nominal y no se observan sobrecargas en transformadores de potencia. La inclusión del Proyecto mejora la performance del sistema ante los eventos evaluados, en especial ante la salida de los enlaces Trujillo – La Niña 500 kV y La Niña – Piura 220 kV.

En condiciones Sin Proyecto el sistema presenta debilidad ante las contingencias en la LT Trujillo – La Niña 500 kV y el Transformador de la SE La Niña 500/220 kV, generando bajos perfiles de tensión de hasta 0.91 p.u. La contingencia de una de las ternas de la LT La Niña – Piura Oeste 220 kV genera una sobrecarga de 21% en la terna que queda en servicio. Otra contingencia crítica es la salida de la barra B de la SE La Niña 220 kV, la cual desconectaría las dos ternas de la LT La Niña – Piura Oeste 220 kV, dejando aislada la zona norte del SEIN desde la SE Piura Oeste.

Con la conexión del Proyecto se observa como los efectos de las contingencias se van mitigando, a partir de la configuración del CASO 3, la desconexión de las barras de la SE La Niña 220 kV dejan de ser crítica para el sistema debido a la redundancia en el suministro hacia la SE Piura Oeste. No obstante, la salida del primer circuito Miguel Grau – Piura Oeste 220 kV seguirá generando sobrecargas de 20% en el enlace La Niña – Piura Oeste 220 kV, esto se soluciona a partir de la configuración del CASO 7 con la redundancia en los enlaces Miguel Grau – Piura Oeste 220 kV.

La conexión del SVC de la SE Miguel Grau mejora los perfiles de tensión ante las contingencias en 500 kV, manteniendo perfiles de tensión por encima de 0.95 p.u. en todos los casos.

Ante la contingencia 13 (F/S CT Refinería Talara, se supone que se pierden las 2 unidades TV de la Refinería), se observa una ligera sobrecarga de 6% recurrente en todos los casos de estudio. Cabe indicar que esta sobrecarga se da en la LT Carabayllo – Chimbote 500 kV y es preexistente a la conexión del Proyecto, en condiciones de operación normal presenta niveles elevados de carga de 97%, en particular para Estiaje en máxima demanda.

Ante la contingencia 12 (F/S Transformador Valle Chira 220/60 kV) se observa un bajo perfil de tensión de 0.91 p.u. recurrente en todos los casos de estudio. Cabe indicar que esta caída de tensión se registró el lado de 60 kV de la SE Valle Chira y es preexistente a la conexión del Proyecto, por lo cual no es atribuible a la operación del Proyecto.

Tabla - Resumen de resultados de flujo de carga en contingencias. Caso 0 hasta el #6

	CONTINGENCIAS	CASO 0	CASO 0.1	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6
1	LT 500 Carabayllo - Chimbote	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
2	LT 500 Chimbote - Trujillo	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
3	LT 500 Trujillo - La Niña	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.92 p.u.**	**Vmin: 0.92 p.u.**	**Vmin: 0.94 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.95 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**
4	Autotrafo 500/220 SE La Niña AT91-523	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.94 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.95 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**
5	Reactor de Barra 500 kV SE La Niña R-37	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
6	LT 220 Piura Oeste - Valle Chira	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
7	LT 220 Valle Chira - Pariñas	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
8	LT 220 La Niña - Felam L-2164	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
9	LT 220 Felam - Chiclayo Oeste L-2238	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
10	LT 220 La Niña - Chiclayo Oeste L-2239	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
11	LT 220 Piura Oesate - Talara L-2250	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
12	Trafo 220/60 SE Valle Chira	**Vmin: 0.90 p.u.**	**Vmin: 0.90 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.92 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**
13	Central Térmica Refineria Talara	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**
14	Sin Proy.: LT 220 La Niña - Piura Oeste Con Proy.: Miguel Grau-Piura Oeste L-2144	**Sobrecarga 21%**	-	**Sobrecarga 20%**	**Sobrecarga 20%**	**Sobrecarga 20%**	**Sobrecarga 19%**	**Sobrecarga 21%**	**Sobrecarga 21%**
15	La Niña - Miguel Grau L-2241A/2162A	-	-	-	-	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
16	LT 500 La Niña - Miguel Grau	-	-	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
17	Autotrafo 500/220 SE Miguel Grau	-	-	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
18	SVC de la SE Miguel Grau	-	-	-	-	Sin Transgreciones	-	Sin Transgreciones	-
19	Trafo T83-261_220/60 de la SE Piura Oeste	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
20	Barra A de 220 kV de la SE Miguel Grau	-	-	-	-	**Sobrecarga 20%**	**Sobrecarga 19%**	**Sobrecarga 21%**	**Sobrecarga 21%**
21	Barra B de 220 kV de la SE Miguel Grau	-	-	-	-	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
22	Barra A de 220 kV de la SE La Niña	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
23	Barra B de 220 kV de la SE La Niña	**F/S área Norte**	**F/S área Norte**	**F/S área Norte**	**F/S área Norte**	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones

Tabla - Resumen de resultados de flujo de carga en contingencias. Caso 7 hasta Sens #3

	CONTINGENCIAS	CASO 7	CASO 8	CASO 9	CASO 10	Sens. 1	Sens. 2	Sens. 3
1	LT 500 Carabayllo - Chimbote	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
2	LT 500 Chimbote - Trujillo	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
3	LT 500 Trujillo - La Niña	**Vmin: 0.95 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.95 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.93 p.u.**	**Vmin: 0.95 p.u.**	Sin Transgreciones
4	Autotrafo 500/220 SE La Niña AT91-523	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	**Vmin: 0.98 p.u.**	Sin Transgreciones
5	Reactor de Barra 500 kV SE La Niña R-37	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
6	LT 220 Piura Oeste - Valle Chira	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	**Sobrecarga 39%**
7	LT 220 Valle Chira - Pariñas	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	**Sobrecarga 65%**
8	LT 220 La Niña - Felam L-2164	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
9	LT 220 Felam - Chiclayo Oeste L-2238	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
10	LT 220 La Niña - Chiclayo Oeste L-2239	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
11	LT 220 Piura Oesate - Talara L-2250	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	**Sobrecarga 65%**
12	Trafo 220/60 SE Valle Chira	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.92 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	**Vmin: 0.91 p.u.**	Sin Transgreciones
13	Central Térmica Refineria Talara	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 12%**	**Sobrecarga 6%**	**Sobrecarga 9%**
14	Sin Proy.: LT 220 La Niña - Piura Oeste Con Proy.: Miguel Grau-Piura Oeste L-2144	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
15	La Niña - Miguel Grau L-2241A/2162A	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
16	LT 500 La Niña - Miguel Grau	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
17	Autotrafo 500/220 SE Miguel Grau	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
18	SVC de la SE Miguel Grau	Sin Transgreciones	-	Sin Transgreciones	-	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
19	Trafo T83-261_220/60 de la SE Piura Oeste	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
20	Barra A de 220 kV de la SE Miguel Grau	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
21	Barra B de 220 kV de la SE Miguel Grau	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
22	Barra A de 220 kV de la SE La Niña	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones
23	Barra B de 220 kV de la SE La Niña	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones	Sin Transgreciones

3.1.4 Conclusiones de Cálculo de Corto Circuito

Se realizaron simulaciones de cortocircuito monofásico, bifásico a tierra y trifásico, los resultados se resumen a continuación.

- Cortocircuito monofásico: La barra más afectada es la SE Piura Oeste en la cual la corriente de cortocircuito se incrementa de 5.3 kA a 6.1 kA. En las instalaciones del Proyecto, los niveles de corriente de cortocircuito monofásico a tierra son menores a 10 kA.
- Cortocircuito bifásico-tierra: La barra más afectada es la SE Piura Oeste en la cual la corriente de cortocircuito se incrementa de 5.3 kA a 6.1 kA. En las instalaciones del Proyecto, los niveles de corriente de cortocircuito bifásico a tierra son menores a 16 kA.
- Cortocircuito trifásico: La barra más afectada es la SE Piura Oeste en la cual la corriente de cortocircuito se incrementa de 4.1 kA a 4.7 kA. En las instalaciones del Proyecto, los niveles de corriente de cortocircuito monofásico a tierra son menores a 18 kA.

Estos valores se encuentran debajo del poder de ruptura de los interruptores de S.E Miguel Grau, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla - Capacidad de cortocircuito de subestaciones.

Subestación	Tensión (kV)	Capacidad de Cortocircuito (kA)
Miguel Grau	500	40
Miguel Grau	220	40

La corriente de Cortocircuito aumenta ligeramente en las subestaciones existentes, pero este incremento no excede la capacidad de los interruptores.

3.1.5 Conclusiones del Análisis de Maniobras de Energización

Energización LT Trujillo – La Niña 500 kV: En todos los casos se cumple con los requerimientos de diferencia de tensión y ángulo para la sincronización. No obstante, se sugiere realizar la energización de la LT La Niña – Trujillo 500 kV desde el extremo La Niña, a fin de evitar sobretensiones en el lado en vacío de la línea.

Energización LT La Niña – Miguel Grau 500 kV: En todos los casos se cumple con los requerimientos de diferencia de tensión y ángulo para la sincronización.

Energización LT La Niña Miguel Grau 220 kV (Primer Circuito): En todos los casos se cumple con los requerimientos de diferencia de tensión y ángulo para la sincronización.

Energización LT La Niña Miguel Grau 220 kV (Segundo Circuito): En todos los casos se cumple con los requerimientos de diferencia de tensión y ángulo para la sincronización.

Energización LT Miguel Grau – Piura Oeste 220 kV (Primer Circuito): La conexión del primer circuito del enlace Miguel Grau – Piura Oeste 220 kV implica que la zona norte del SEIN desde la SE Piura Oeste se encuentre fuera de servicio, en ese sentido, el primer circuito de la línea Miguel Grau – Piura Oeste, solo puede ser energizado desde la SE Miguel Grau, estando la barra Piura Oeste des energizada. Se verifica que durante la energización de la línea no se observan sobretensiones por Efecto Ferranti considerables en el lado en vacío de la línea.

Energización LT Miguel Grau – Piura Oeste 220 kV (Segundo Circuito): En todos los casos se cumple con los requerimientos de diferencia de tensión y ángulo para la sincronización.

3.1.6 Conclusión General del Análisis de Estado Estacionario

La operación de la línea 500 kV La Niña – Miguel Grau no tiene un impacto negativo en la operación del SEIN, puesto que en todos los escenarios analizados no se presenta sobrecarga en líneas de transmisión o en transformadores que sea atribuible a su conexión, por el contrario, el Proyecto mejora los niveles de cargas preexistentes en las líneas más congestionadas, asimismo, mejora el perfil de tensión en barras, manteniendo valores dentro del margen +/- 2.5% de las tensiones de operación.

El impacto del proyecto en el nivel de cortocircuito en barras es mínimo y los valores de cortocircuito son menores a la capacidad de ruptura de los equipos existentes y proyectados.

3.2 Conclusiones Estudios de Estabilidad Transitoria

Los principales casos de estudios involucrados en los estudios de estabilidad transitoria de tipo RMS, se indican en la siguiente tabla:

Casos de Estudio.

Instalaciones	Pariñas - Alipio Rosales-Zorritos 220 kV	LT La Niña - Miguel Grau 500 kV SE Miguel Grau 500/220 kV	LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (1era terna)	SVC Miguel Grau	LT Piura Oeste-Miguel Grau 220 kV LT Miguel Grau - La Niña 220 kV (2da terna)
CASO 0					
CASO 4	X	X	X		
CASO 7	X	X	X	X	X
CASO 8	X	X	X		X

Se hicieron también algunas verificaciones para los Casos de Sensibilidad 1 (export hacia Ecuador); Sensibilidad 2 (import desde Ecuador); y Sensibilidad 3 (despacho de toda la CT de Malacas (TG4, TG5 y TG6).

3.2.1 Conclusiones de las Fallas en Líneas de Transmisión

En los resultados obtenidos de las simulaciones dinámicas para los casos indicados arriba se observa que para los eventos de **fallas monofásicas** con re cierre exitoso al 1% y 99% de las líneas, y para las **fallas trifásicas** con apertura definitiva al 1% y 99% de las líneas, el sistema logra recuperar un nuevo punto de operación en estado estacionario. También para los casos de fallas sobre los transformadores y la sucesiva puesta fuera de servicio de la máquina; en cada evento el sistema logra recuperar un nuevo punto de operación aceptable en base a los requisitos de la Norma Técnica.

El perfil de las tensiones en las barras de 138 kV, 220 kV y 500 kV de las subestaciones en la zona de influencia se encuentran dentro de un rango de operación aceptable (0.90 pu – 1.075 pu) según el criterio de contingencias en post falla.

Los flujos de potencia en todas las líneas de transmisión y autotransformadores en la zona de influencia se amortiguan luego que se despeja la falla alcanzando un nuevo punto de operación estable; de la misma forma la respuesta en el control de la tensión y de la potencia reactiva que entrega el SVC de la SE Miguel Grau resulta muy eficaz, y con un buen amortiguamiento luego que se despeja la falla.

Los ángulos de los rotores de los generadores de las centrales en la zona de influencia se estabilizan sin perder sincronismo, encontrándose dentro del rango ±90°.

A excepción del evento de falla trifásica con apertura definitiva de la línea **Chimbote-Carabayllo (L5006)**, que luego que se alcanza un nuevo estado estable para la condición hidrológica de **Estiaje**, el sistema presenta sobrecargas significativas en las líneas de transmisión en el nivel 220 kV, involucrando diversos enlaces de las áreas de Sierra Centro y Norte del SEIN, esta situación se presenta para las condiciones **SIN** y **CON** el proyecto en servicio. La comparación de resultados **SIN** y **CON** proyecto demuestra que estas condiciones no admisibles no dependen de la puesta en servicio del proyecto para la línea 500 kV La Niña – Miguel Grau.

Las verificaciones **CON** proyecto simulando la perdida de una de las Barras de la SE Miguel Grau 220 kV junto con los elementos (líneas y transformador) conectados a ella, han mostrado la validez de esta configuración, dado que permite una continuidad del servicio en todas las áreas adyacentes, alcanzando un punto estable y admisible de operación, tanto en el proceso intermedio Caso #4, como en el final para los casos #7 y #8, teniendo en cuenta que en la configuración final y perdida de la Barra **B** se produce una contingencia N – 3, ya que se desconectan las L-2162, L-2241 y L-2143. Se ha verificado también **CON** el proyecto completo (casos #7 y #8), los casos de Sensibilidad 1 y 2 (export/import con Ecuador), y 3 (con todas las TGs de Malacas), y no resultan problemas de estabilidad ni de recuperación de las tensiones, así como no hay sobrecargas aun de frente al evento de falla y perdida de la Barra **A** o **B** de M. Grau.

3.2.2 Conclusiones de Salidas Intempestivas

Para los casos de estudio indicados en la tabla de arriba, el perfil de las tensiones en las barras de 138 kV, 220 kV y 500 kV de las subestaciones en la zona de influencia se encuentran dentro de un rango de operación aceptable (0.90 pu – 1.075 pu), los flujos de potencia en todas las líneas de transmisión y autotransformadores en la zona de influencia se amortiguan luego que se agota el evento alcanzando un nuevo punto de operación estable, y los ángulos de los rotores de los generadores de las centrales en la zona de influencia se estabilizan sin perder sincronismo.

3.2.3 Conclusiones del Tiempo Critico de despeje de Falla

Los tiempos críticos de despeje de falla que se han verificado resultan siempre mayores a 100 mseg, el cual es el mínimo tiempo exigido en el PR-20, así mismo, se observa que los tiempos críticos de despeje de falla mínimos se dan para la falla en el lado de la SE Piura Oeste 220 kV, siendo sin embargo mayor de 140 mseg.

Los tiempos críticos en las líneas del proyecto sobre el lado de la SE Miguel Grau, L-5012 M. Grau - La Niña, y LT L-2143 o L-2144 M. Grau - La Niña son: 280 mseg, y 270 mseg

respectivamente; mientras para fallas lado La Niña 220 kV, en L-2162 o L-2241 La Niña – M. Grau aumentan hasta 340 mseg con el proyecto completado (Caso #7).

3.2.4 Conclusiones sobre la Verificación de los EEP

En el modelo PowerFactory DIgSILENT de la red del SEIN se implementó el Esquema Especial de Protección (EEP) de la Refinería Talara, según lo recomendado por el COES en su Carta de Alcances para el EO.

Todos los Casos estudiados para simulaciones de dinámica se realizaron con dicho esquema en servicio, excepto en aquellos casos donde deliberadamente se ha investigado el impacto en los resultados al considerar este esquema EEP en servicio o bien fuera de servicio.

Para los eventos donde se verifica la actuación del esquema EEP de la Refinería Talara, se observa que el impacto en los flujos de potencia en las líneas de transmisión y autotransformadores en la zona de influencia del proyecto es mínimo y se amortiguan luego que se despeja la falla alcanzando un nuevo punto de operación estable, y los ángulos de los rotores de los generadores de las centrales en la zona de influencia se estabilizan sin perder sincronismo.

En base a los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- Completada la energización de la línea L-5012, del TR 500/220kV de Miguel Grau, del primer seccionamiento de la línea L-2162 desde la SE La Niña a la SE M. Grau y el tramo L-2144 desde la SE M. Grau a la SE Piura Oeste, se pueden desactivar las señales del EEP que controlan las sobrecargas sobre las líneas L-2162 y L-2241, igualmente para la señal que verifica el estado del transformador 500/220kV AT91-523;
- Completado **todo** el proceso de puesta en servicio del proyecto del NIPI Parte 1, se puede desactivar la lógica de desconexión total desde el SEIN de la Refinería ante la salida de servicio de la línea L-5010 Trujillo – La Niña, manteniendo activa para este evento solamente la lógica para el deslastre de una parte de carga de la Refinería, y así limitar la posible sobrecarga en la L-2240 Carhuaquero-Chiclayo Oeste;

- Mantener el esquema EEP como respaldo, y activarlo en su configuración original para aquellas condiciones de N-1 programado sobre la L-5012 o del TR 500/220kV de Miguel Grau.

Los estudios han demostrado que no es necesario que la Refinería Talara se separe del SEIN, ya que con el proyecto completado en todas sus fases, la zona desde La Niña hacia el Norte se presenta más mallada ofreciendo una vía alternativa de suministro respecto a la configuración actual, soportada además con el abundante recurso de potencia reactiva dado por el equipo SVC de Miguel Grau. Sin embargo es opinión de este Consultor que las decisiones específicas sobre la conveniencia de este esquema EEP, requieren de estudios focalizados involucrando el modelo de la Refinería actualizado y en todo su detalle, tareas que se consideran fuera del objetivo de este estudio de operatividad del proyecto NIPI.

3.2.5 Conclusiones Generales en los estudios EET y el ingreso del Proyecto

Los estudios de estabilidad transitoria llevados a cabo simulando diferentes eventos, entre ellos aquellos muy severos como la perdida de una barra de la SE Miguel Grau (hasta una condición "N-3"), han puesto en evidencia que el proyecto beneficia en modo significativo la continuidad del servicio y la seguridad en la operación, particularmente para la zona Norte del SEIN. La malla que crea el proyecto en 500 kV en la zona aledaña a la SE de Piura Oeste 220 kV ofrece un soporte muy valioso para la zona Norte más alejada, conocida por su debilidad causada por la importante longitud de algunos enlaces, y la escaza disponibilidad de recursos de potencia reactiva y control de tensión.

La presencia del equipo SVC en Miguel Grau 500 kV, asegura un rápido restablecimiento de las principales magnitudes luego de eventos más o menos severo. El margen de regulación del SVC es muy amplio, teniendo presente que en condición normal de la red el equipo opera siempre en absorbimiento (situación inductiva), contando en general con +300 Mvar capacitivos de regulación que se han demostrado más que suficiente para el estado actual de la red y la demanda del área.

3.3 Conclusiones de los Estudios de Transitorios Electromagnéticos de Diseño

A continuación, se describen las conclusiones para cada uno de los fenómenos estudiados, a saber:

- Estudios de recierre monofásico (arco secundario).
- Energización de líneas.
- Sobretensiones por recierre monofásico.
- Solicitación térmica en los descargadores.
- Estudios de solicitaciones térmicas y dinámicas en los reactores de neutro.
- Sobretensiones por fenómenos de resonancia con fases abiertas.
- Verificación de tensiones de restablecimiento (TRV).
- Energización de transformadores.
- Maniobra de reactores.
- Retraso de cruces por cero.

3.3.1 Arco secundario

De los resultados obtenidos en el análisis, se observa que para los reactores de neutro de del proyecto, no se debe tener problemas de fenómeno de arco secundario. En todos los análisis se observa que las variables determinadas (1er pico de TRV, ultimo pico de arco secundario y tasa de crecimiento RRRV) están dentro de los límites establecidos por el COES en el PR-20.

Cabe indicar que para el caso de la línea con los reactores de neutro en ambos extremos fuera de servicio se tendrá una alta probabilidad de reencendido del arco. Por lo tanto, se recomienda no ejercer la línea con ambos reactores de neutro fuera de servicio.

3.3.2 Energización de la línea L5012

De los resultados obtenidos se observa que la tensión fase-tierra y fase-fase, es mayor en el extremo opuesto a la energización.

Los mayores valores de sobretensión estadística registrados son:

- Sobretensión fase – tierra de 841.16 kV_{pico} que corresponde a 1.87 pu.
- Sobretensión fase – fase de 1349.81 kV_{pico} que correspondiente a 3.01 pu.

Adicionalmente la mayor disipación de energía en los descargadores de sobretensión obtenida de los resultados estadísticos es de casi 90 kJ, que corresponde a aprox. 1.5 % de su capacidad, lo cual indica muy baja disipación de energía y disipación por pérdidas de fuga y la no actuación de los descargadores.

Estas sobretensiones no son peligrosas dado que existe un margen de seguridad muy elevado considerando un nivel de aislamiento a los impulsos de maniobra iguala 1175 kV. Cabe destacar que no hay equipos con aislamiento fase-fase, por lo tanto, el margen de seguridad es mayor a 1.39.

3.3.3 Energización de las líneas L2162 y L2241

De los resultados obtenidos se observa que la tensión fase-tierra y fase-fase, es mayor en el extremo opuesto a la energización.

Los mayores valores de sobretensión estadística registrados son:

- Sobretensión fase – tierra de 408.93 kV_{pico} que corresponde a 2.04 pu.
- Sobretensión fase – fase de 609.16 kV_{pico} que correspondiente a 3.05 pu.

Adicionalmente la mayor disipación de energía en los descargadores de sobretensión obtenida de los resultados estadísticos es de poco más de 20 kJ, que corresponde a una parte despreciable de su capacidad, lo cual indica muy baja disipación de energía y disipación por pérdidas de fuga y la no actuación de los descargadores.

Estas sobretensiones no son peligrosas dado que existe un margen de seguridad elevado considerando el nivel de aislamiento del sistema 220 kV. En efecto, siguiendo el procedimiento de coordinación del aislamiento de la IEC, se obtienen los resultados de la siguiente tabla.

Aislamiento		Urp (kV)	Kcd	Ucw (kV)	Ks	Ka	Urw (kV)	SDWV (kV)	LIWV (kV)
Fase-tierra	Int.	410	1.1	451	1.15	1	519	**259**	**571**
	Ext.	410	1.1	451	1.05	1.122	531	**352**	**691**
Fase-fase	Int.	610	1.1	671	1.15	1	772	**386**	**849**
	Ext.	610	1.1	671	1.05	1.131	797	**528**	**907**

Los valores indicados en negrita se encuentran cubiertos por los niveles de aislación igual a 460 kV a la frecuencia industrial y 1050 kV al impulso atmosférico.

Cabe destacar que, según la IEC, alcanza con que uno de los valores convertidos sea menor a uno de los niveles de aislamiento correspondiente.

3.3.4 Recierre Monofásico línea L5012

Los mayores valores de sobretensión registrados son:

- Sobretensión fase – tierra de 623.45 kVpico que corresponde a 1.39 pu.
- Sobretensión fase – fase de 1063.53 kVpico que correspondiente a 2.37 pu.

Las sobretensiones obtenidas prácticamente no alcanzan el nivel de protección de los descargadores, es decir que la energía absorbida por estos es del orden de la corriente de fuga normal.

En todos los casos se tiene un margen de seguridad mayor a 1.4.

3.3.5 Recierre Monofásico líneas L2162 y L2241

De los resultados se observa que los mayores valores de sobretensión estadístico registrados son:

- Sobretensión fase – tierra de 413.01 kV_{pico} que corresponde a 2.06 pu.
- Sobretensión fase – fase de 552.29 kV_{pico} que correspondiente a 2.76 pu.

Adicionalmente la mayor disipación de energía en los descargadores de sobretensión obtenida de los resultados estadísticos es de aprox. 12 kJ, que corresponde a una parte despreciable de su capacidad, lo cual indica muy baja disipación de energía y disipación por pérdidas de fuga y la no actuación de los descargadores.

Estas sobretensiones no son peligrosas dado que existe un margen de seguridad muy elevado considerando el nivel de aislamiento del sistema 220 kV. En efecto, siguiendo el procedimiento de coordinación del aislamiento de la IEC, se obtienen los resultados de la siguiente tabla.

Aislamiento		Urp (kV)	Kcd	Ucw (kV)	Ks	Ka	Urw (kV)	SDWV (kV)	LIWV (kV)
Fase-tierra	Int.	415	1.1	457	1.15	1	525	**262**	**577**
	Ext.	415	1.1	457	1.05	1.122	538	**357**	**699**
Fase-fase	Int.	552	1.1	608	1.15	1	699	**349**	**769**
	Ext.	552	1.1	608	1.05	1.131	721	**474**	**815**

Los valores indicados en negrita se encuentran cubiertos por los niveles de aislación igual a 460 kV a la frecuencia industrial y 1050 kV al impulso atmosférico.

Cabe destacar que, según la IEC, alcanza con que uno de los valores convertidos sea menor a uno de los niveles de aislamiento correspondiente.

3.3.6 Solicitación Térmica de los Descargadores de sobretensión

De los resultados de las simulaciones, las mayores energías disipadas en los descargadores de línea y de neutro son de 164.9 kJ y 10.94 J respectivamente. Estos valores corresponden a una parte despreciable de la capacidad de los descargadores, lo cual indica muy baja disipación de energía y disipación por pérdidas de fuga y la no actuación de los mismos.

3.3.7 Estudios de Solicitaciones Térmicas y Dinámicas en los Reactores de Neutro

De los resultados se observa que se tienen valores pequeños de energía y corriente en los reactores de neutro, siendo la mayor energía de 72 J y corriente de 178 A pico.

3.3.8 Sobretensiones por Fenómenos de Resonancia con Fases Abiertas línea L5012

Debido a que el factor de compensación (79%) es menor al factor crítico (87.2%) no se debe presentar problemas de resonancia por una fase abierta.

En el caso de resonancia por energización con 1 y 2 fases abiertas se observa que la tensión inducida en la fase abierta es menor a 100 kV pico por lo que no se tiene problemas de resonancia. Adicionalmente se tiene valores despreciables de energía disipada en los descargadores de línea.

En el caso de resonancia por apertura de una o dos fases abiertas se observa que la tensión inducida se va amortiguando. En efecto, a los 2 s, valores de tensión menores a los 105 kV pico para una fase abierta y menor a 160 kV pico para dos fases abiertas.

Adicionalmente se tiene valores despreciables de energía disipada en los descargadores de línea.

3.3.9 Verificación de Tensiones de Restablecimiento (TRV)

Para las maniobras de aperturas ante fallas (terminales y kilométricas), no se espera que se presente reencendido en los interruptores, ya que la tensión transitoria de restablecimiento alcanzada en las simulaciones es inferior a los valores establecidos por la norma IEC 62271-100 [2] para interruptores de 550 kV y 245 kV.

3.3.10 Energización de Transformadores

De los resultados de energización del autotransformador de potencia del proyecto por el lado de 500 kV y lado 220 kV se obtiene, sin considerar mando sincronizado, los casos más críticos (mayor corriente inrush) obtenidos de las 200 simulaciones son:

- Energización lado 500 kV: 2562 A (medido en 500 kV)
- Energización lado 220 kV: 2257 A (medido en 220 kV)

Adicionalmente se presentan caídas de tensión en las subestaciones cercanas de hasta 0.7 pu.

Al energizar considerando mando sincronizado, ya sea desde el lado de 500 kV o de 220 kV, se obtienen corrientes inrush muy pequeñas, menores al 0.1 pu, y las tensiones en las subestaciones cercanas no se ven afectadas.

3.3.11 Maniobra de Reactores

De los resultados obtenidos de las simulaciones de apertura de los reactores de línea con y sin mando sincronizado y con y sin reactor de neutro se concluye lo siguiente:

Solo cuando la apertura del interruptor del reactor de línea se realiza con mando sincronizado las sobretensiones se encuentran dentro de los límites de la curva IEC 62271-110.

3.3.12 Retraso de Cruces por Cero

De resultados obtenidos se tiene que el tiempo de retraso de apertura del interruptor es menor a 33 ms (tiempo de operación de interruptores en 500 kV).
Los casos más críticos se presentan cuando por error en la lógica de protección se abre el interruptor de la línea apenas se ha energizado la línea en vacío en la peor condición posible, sin embargo, de acuerdo con los resultados se tiene una baja probabilidad de reencendido del arco.

3.4 Conclusiones de los Estudios de Resonancia Subsíncrona

El estudio de Resonancia Subsíncrona se basa en un análisis de sensibilidad **SIN** y **CON** la LAT 500 kV La Niña – Miguel Grau y ampliaciones asociadas en el nivel 220 kV (lo llamamos el Proyecto); además, junto con el Proyecto Parte 1 se ha considerado la entrada en servicio del SVC de Miguel Grau conectado en la subestación lado 500 kV. El objetivo es el de evaluar el impacto que tiene la entrada en servicio de este Proyecto sobre el sistema, y en particular si se modifica el riesgo de RSS para las centrales existentes del SEIN en el área de influencia del Proyecto.

Se ha aplicado el Método de Barrido en Frecuencia para el cálculo de la impedancia equivalente *Zg(f)* mirando desde el neutro para 6 unidades termoeléctricas convencionales, seleccionadas entre aquellas que se conectan en las zonas aledañas al Proyecto (área operativa Norte del SEIN), como:

- las unidades TG4, TG5 y TG6 de Malacas,
- la unidad TV 1 de la Refinería Talara (la unidad TV 2 es de igual características),
- La unidad TG1 de la CT Eten,
- La unidad TG1 de la CT Recka.

Los análisis de barrido en frecuencia se han llevado a cabo para un gran número de configuraciones que se pueden presentar en el SEIN y de escenarios operativo, con un número de simulaciones superior a los 3000 casos.

De los resultados del análisis se concluye lo siguiente.

- Para todas las unidades termoeléctricas analizadas la entrada en servicio del Proyecto no tiene impacto sobre la *Zg(f)* vista desde el neutro de las unidades bajo análisis; no se observan resonancias eléctricas tanto en los casos **SIN** y **CON** el proyecto.
- Los resultados muestran que, de acuerdo con el criterio adoptado por el COES, los valores del Margen de Estabilidad Transitoria (MET) obtenidos para los modos torsionales de las unidades involucradas en los estudios, **son positivos en todos los casos estudiados**. Concluyendo que no hay riesgo de RSS por Interacción Torsional ni Amplificación del Torque.
- Para todas las configuraciones y casos analizados, la entrada en servicio del Proyecto no modifica el riesgo de RSS debido al fenómeno de *Generador a Inducción*; en ningún caso, **SIN** y **CON** el proyecto en servicio, se ha presentado este fenómeno.
- En la preparación del modelo de red para los estudios de barrido en frecuencia, se ha representado a través de una impedancia equivalente el equipo SVC de Miguel Grau y su control (ganancias, constantes de tiempo y el modo de control V o Q). Esta modelación tiene la finalidad de poder verificar el impacto de los controles sobre: las eventuales resonancias eléctricas, el bajo amortiguamiento eléctrico y el riesgo de oscilaciones Subsíncronas inestables entre los ejes mecánicos y los controles (Interacción Torsional Subsíncrona). Los resultados de sensibilidad utilizando diferentes modelos del SVC se han llevado a cabo para las unidades TG4, TG5 y TG6 de Malacas, y para la unidad TV 1 de la CT Refinería Talara. Los resultados de las simulaciones han puesto en evidencia la importancia de adoptar una representación detallada, en la zona de influencia del proyecto, de aquellos equipos basados en la electrónica de potencia. Solamente para la unidad TG5 de

Malacas se muestra una significativa reducción del amortiguamiento eléctrico, y de consecuencia en el MET, respecto al caso **SIN** Proyecto. De todos modos, el índice MET para cada unidad de generación involucrada en el barrido **permanece siempre positivo**.

Los criterios y metodologías adoptadas son:

1. El MET depende del amortiguamiento eléctrico, el cual depende de la impedancia en función de la frecuencia *Z(f)* de cada unidad térmica vista desde su punto neutro hacia la red;

2. El SVC de MG tiene su propia impedancia *Z(f)* que lo caracteriza en el rango de frecuencias sub síncronas; dicha frecuencia está conectada entre la barra 500kV de MG y tierra.

Según el punto 1. de arriba, la *Z(f)* vista desde el neutro es una impedancia serie entre la Z del generador y la Z de la red del SEIN; esta última, según el punto 2. de arriba, incluye también el efecto del SVC de MGrau. Entonces el impacto del SVC sobre el MET de una cualquiera unidad térmica depende del efecto que tiene su Z sobre la *Z(f)* total vista desde la unidad; en general dependería de la distancia eléctrica entre el SVC y el generador, de la *Z(f)* propia del generador, de su potencia y su tensión nominal.
Por ello el MET de las centrales en el centro-sur, es decir las centrales más alejadas del SVC, no se verían afectadas por el equipo de control.

De los resultados obtenidos con el Barrido en Frecuencia se deduce que en ausencia de un riesgo de resonancia RSS no resultan necesarios estudios de detalle de los fenómenos electromagnéticos EMT en el dominio del tiempo

Se ha llevado a cabo un análisis adicional para evaluar la presencia de oscilaciones subsincronas inestables, o muy poco amortiguadas, para el SVC de Miguel Grau debido al efecto de la electrónica de potencia y de sus controles. Se ha aplicado el *Método de Barrido*

en Frecuencia Completo para calcular el valor del amortiguamiento asociado a eventuales oscilaciones subsíncronas.

De los resultados se concluye que la electrónica de potencia y el sistema de control asociados al SVC no están afectados por los fenómenos de SSCI (Interacción SubSíncrona debida a los Controles), IGE (Efecto de Generador a Inducción) o SSTI (Interacción Torsional Subsíncrona).

4. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE COORDINACIONES DE PROTECCIONES

4.1 Subestación Miguel Grau

- Se recomienda implementar los ajustes propuestos en el estudio de protecciones para la línea de transmisión L-5012, el reactor de línea RE-02, barras A y B en 500 kV, autotransformador 500/220/33 kV, barra A y B en 220 kV, líneas de transmisión L-2162, L-2241, L-2144 y L-2143 de 220 kV, en el cual se ha verificado la confiabilidad, selectividad, velocidad y sensibilidad de las funciones de protección.
- La nueva línea de transmisión Miguel Grau – La Niña de 500 kV tiene una potencia nominal de 1400 MVA equivalente a 1617 A, por lo cual, a fin de no limitar la potencia de esta línea, la relación de los transformadores de corriente se ha seleccionado en el valor de 2000/1, asimismo, se ha seleccionado el mismo valor para todos los transformadores de corriente en el lado de 500 kV de la S.E. Miguel Grau.
- En esta etapa del estudio de protecciones, no está contemplado el SVC de la S.E. Miguel Grau el cual comprende el transformador de potencia de 300 MVA y el equipamiento en el nivel de 33 kV, en tal sentido, todas las simulaciones de falla para el estudio de protecciones se han realizado con el SVC fuera de servicio. Asimismo, el diámetro asociado al SVC el cual comprende los interruptores IN-5509 y IN-5510 delimitado hasta el seccionador SE-5522, están contemplados en el

estudio de protecciones, por lo tanto, se ha activado la función diferencial en el relé de protección T60 del SVC.

- Se ha mantenido los ajustes de umbral y tiempo del esquema actual de disparo por sobretensión de las líneas L-2162 y L-2241, esto debido a que, ante sobretensiones en el sistema, se desconecta una de las líneas para aliviar esta sobretensión. El esquema de sobretensión del área norte del SEIN se verificará en la etapa 02 del estudio de operatividad el cual comprende el ingreso del SVC en la S.E. Miguel Grau.
- No se ha implementado el esquema de disparo por sobretensión en las líneas L-2144 y L-2143 debido a que son líneas cortas y no tienen un efecto considerable en la regulación de tensión.
- Las líneas de transmisión L-2162 y L-2241 tienen una potencia de 180 MVA equivalente a 473 A, en ese sentido, se ha seleccionado la relación del transformador de corriente en el valor de 1250/1, por lo tanto, el estudio de protecciones ha considerado esta relación para el ajuste de las protecciones de línea.
- La repotenciación de las líneas L-2144 y L-2143 a un valor de 450 MVA equivalente a 1180 A, en ese sentido, se ha seleccionado la relación del transformador de corriente en un valor de 1250/1, por lo tanto, el estudio de protecciones ha considerado esta relación para el ajuste de las protecciones de línea.
- Durante la etapa de puesta en servicio del proyecto se van a tener configuraciones temporales lo cuales han sido analizados en el informe de coordinación de protecciones y se han realizado las verificaciones de las protecciones coordinables, estas verificaciones se encuentran en el capítulo 10 del informe de protecciones, resultado de esta verificación se concluye que no se requiere cambios en las protecciones coordinables considerando que estas configuraciones son temporales o de corta duración.

4.2 Subestación La Niña

- Se recomienda implementar los ajustes propuestos en el estudio de protecciones para las líneas de transmisión L-2162 y L-2241 de 220 kV, en el cual se ha verificado la confiabilidad, selectividad, velocidad y sensibilidad de las funciones de protección.
- El equipamiento del sistema de protecciones de las líneas de transmisión L-2162 y L-2241 en la S.E. La Niña es existente, es decir ya se cuenta con relés de protección diferenciales modelos 7SL87, por lo cual, esto ha sido considerado en el estudio de protecciones.
- Se ha mantenido los ajustes de umbral y tiempo del esquema actual de disparo por sobretensión de las líneas L-2162 y L-2241, esto debido a que, ante sobretensiones en el sistema, se desconecta una de las líneas para aliviar esta sobretensión. El esquema de sobretensión del área norte del SEIN se verificará en la etapa 02 del estudio de operatividad el cual comprende el ingreso del SVC en la S.E. Miguel Grau.
- Las líneas de transmisión L-2162 y L-2241 tienen una potencia de 180 MVA equivalente a 473 A, en ese sentido, se ha mantenido la relación actual del transformador de corriente en el valor de 800/1, por lo tanto, el estudio de protecciones ha considerado esta relación para el ajuste de las protecciones de línea.

4.3 Subestación Piura Oeste

- Se recomienda implementar los ajustes propuestos en el estudio de protecciones para las líneas de transmisión L-2144 y L-2143 de 220 kV, en el cual se ha verificado la confiabilidad, selectividad, velocidad y sensibilidad de las funciones de protección.

- El equipamiento del sistema de protecciones de las líneas de transmisión L-2144 y L-2143 en la S.E. Piura Oeste es existente, es decir ya se cuenta con relés de protección diferenciales modelos 7SL87, por lo cual, esto ha sido considerado en el estudio de protecciones.
- No se ha implementado el esquema de disparo por sobretensión en las líneas L-2144 y L-2143 debido a que son líneas cortas y no tienen un efecto considerable en la regulación de tensión.
- Como parte del proyecto de la S.E. Miguel Grau se contempla la repotenciación de las líneas de transmisión L-2144 y L-2143 de 180 MVA a un valor de 450 MVA equivalente a 1180 A, por lo cual, el proyecto también contempla el cambio de los transformadores de corriente de las líneas L-2144 y L-2143 en la S.E. Piura Oeste al valor de 2500-1250/1, por lo tanto, el estudio de protecciones ha considerado la relación de 1250/1 para el ajuste de las protecciones de línea. Asimismo, esta relación ha sido considerada para la protección diferencial de barras existente.

5. IMPACTOS NEGATIVOS DE LAS NUEVAS INSTALACIONES SOBRE LA OPERACIÓN DEL SEIN Y LAS MEDIDAS ADOPTADAS PARA CORREGIRLOS

La puesta en servicio del **Proyecto** no tiene impactos negativos en el SEIN, por el contrario, ya la **Parte 1** mediante la línea en 500 kV junto con la subestación Miguel Grau 500/220 kV beneficia en modo significativo la continuidad del servicio y la seguridad en la operación, particularmente para la zona Norte del SEIN. La malla que crea el **Proyecto** en 500 kV en la zona aledaña a la SE de Piura Oeste 220 kV ofrece un soporte muy valioso para la zona Norte más alejada, conocida por su debilidad causada por la importante longitud de algunos enlaces, y la escaza disponibilidad de recursos de potencia reactiva y el control de tensión.

Además la presencia del equipo SVC en Miguel Grau 500 kV (**Parte 2** del proyecto), asegura un rápido restablecimiento de las principales magnitudes luego de eventos más o menos severo. El margen de regulación del SVC es muy amplio, teniendo presente que en condición normal de la red el equipo opera siempre en absorbimiento (situación inductiva),

contando en general con +300 Mvar capacitivos de regulación que se han demostrado más que suficiente para el estado actual de la red y la demanda del área.

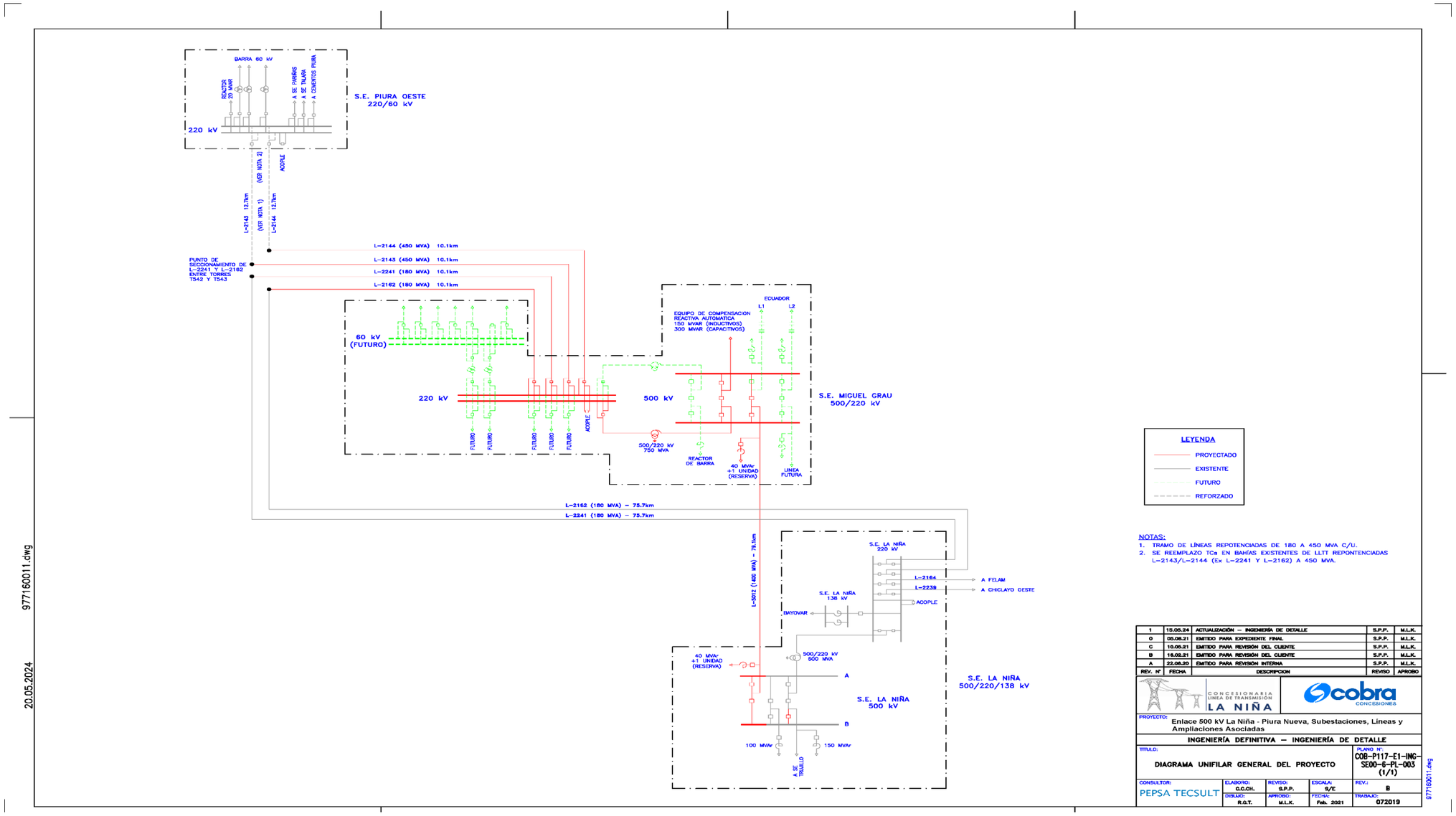
Se mantiene la situación de sobrecargas en condiciones de operación N-1 (L-5006 Chimbote-Carabayllo) en el periodo de **Estiaje** 2024, tanto en el escenario **SIN** proyecto que **CON** proyecto.

6. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DEL PROYECTO

Se adjunta el Diagrama Unifilar General del Proyecto "Enlace 500kV La Niña - Piura, Subestaciones, Líneas y Ampliaciones Asociadas"

ANEXO Nº 1

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE PROYECTO


S.E. PIURA OESTE
220/60 kV
BARRA 60 kV
REACTOR 25 MVAR
A SE PARIÑAS
A SE TALARA
A CEMENTOS PIURA
220 kV
ACOPLE
L-2142 13.7km
(VER NOTA 2)
(VER NOTA 1)
L-2144 13.7km
PUNTO DE SECCIONAMIENTO DE L-2241 Y L-2162 ENTRE TORRES T542 Y T543
L-2144 (450 MVA) 10.1km
L-2143 (450 MVA) 10.1km
L-2241 (180 MVA) 10.1km
L-2162 (180 MVA) 10.1km
60 kV (FUTURO)
220 kV
FUTURO
ACOPLE
500 kV
EQUIPO DE COMPENSACION REACTIVA AUTOMATICA 150 MVAR (INDUCTIVOS) 300 MVAR (CAPACITIVOS)
ECUADOR
L1
L2
S.E. MIGUEL GRAU
500/220 kV
500/220 kV 750 MVA
REACTOR DE BARRA
40 MVAr +1 UNIDAD (RESERVA)
LINEA FUTURA
L-2162 (180 MVA) - 75.7km
L-2241 (180 MVA) - 75.7km
L-3012 (1400 MVA) - 78.1km
S.E. LA NIÑA 220 kV
L-2164
L-2239
A FELAM
A CHICLAYO OESTE
S.E. LA NIÑA 138 kV
ACOPLE
BAYOVAR
40 MVAr +1 UNIDAD (RESERVA)
500/220 kV 500 MVA
A
B
S.E. LA NIÑA 500 kV
S.E. LA NIÑA 500/220/138 kV
100 MVAr
150 MVAr
A SE TRUJILLO
LEYENDA
PROYECTADO
EXISTENTE
FUTURO
REFORZADO
NOTAS:
1. TRAMO DE LINEAS REPOTENCIADAS DE 180 A 450 MVA C/U.
2. SE REEMPLAZO TCs EN BAHÍAS EXISTENTES DE LLTT REPONTENCIADAS L-2143/L-2144 (Ex L-2241 Y L-2162) A 450 MVA.
1 15.05.24 ACTUALIZACIÓN – INGENIERÍA DE DETALLE S.P.P. M.L.K.
0 05.08.21 EMITIDO PARA EXPEDIENTE FINAL S.P.P. M.L.K.
C 10.05.21 EMITIDO PARA REVISIÓN DEL CLIENTE S.P.P. M.L.K.
B 16.02.21 EMITIDO PARA REVISIÓN DEL CLIENTE S.P.P. M.L.K.
A 22.06.20 EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA S.P.P. M.L.K.
REV. Nº FECHA DESCRIPCION REVISO APROBO
CONCESIONARIA LINEA DE TRANSMISIÓN LA NIÑA
cobra CONCESIONES
PROYECTO: Enlace 500 kV La Niña - Piura Nueva, Subestaciones, Líneas y Ampliaciones Asociadas
INGENIERÍA DEFINITIVA – INGENIERÍA DE DETALLE
TITULO: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL PROYECTO
PLANO Nº: COB-P117-E1-ING-SE00-6-PL-003 (1/1)
CONSULTOR: PEPSA TECSULT
ELABORO: G.C.C.H.
REVISO: S.P.P.
ESCALA: S/E
REV.: B
DIBUJO: R.G.T.
APROBO: M.L.K.
FECHA: Feb. 2021
TRABAJO: 072019
977160011.dwg
20.05.2024
977150011.dwg

ANEXO Nº 2

LISTA DE LAS PROTECCIONES COORDINABLES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

LISTA DE LAS PROTECCIONES COORDINABLES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Zona	Instalación	Celda	Tensión	Sistema	Marca del relé	Modelo del relé	RTC	RTT	Tipo	Protección Coordinable
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-5012	500kV	Principal	GE	L90	2000/1 2000/1	500/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Reactor RE-02	500kV	Principal	GE	T60	800/1 800/1 300/1 (RN-02)	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	500kV	Principal	GE	T60	2000/1 2000/1 1500/1	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	220kV	Principal	GE	T60	2500/1	220/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	33kV	Principal	GE	T60	1250/1	33/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Transformador de SSAA	33kV	Principal	GE	F60	1250/1, 800/1	33/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	SVC	500kV	Principal	GE	T60	2000/1	500/0.11	Proyectado	--
Norte	Subestación Miguel Grau	Barra A	500kV	Principal	GE	B30/MU320E	2000/1	500/0.11	Proyectado	50BF
Norte	Subestación Miguel Grau	Barra B	500kV	Principal	GE	B30/MU320E	2000/1	500/0.11	Proyectado	50BF
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2162	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2241	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2244	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2143	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Barra A y B	220kV	Principal	GE	B30/MU320E	2500/1 1250/1	220/0.11	Proyectado	50BF
Norte	Subestación Miguel Grau	Acople de Barras	220kV	Principal	GE	F60	2500/1	220/0.11	Proyectado	51, 51N

LISTA DE LAS PROTECCIONES COORDINABLES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Zona	Instalación	Celda	Tensión	Sistema	Marca del relé	Modelo del relé	RTC	RTT	Tipo	Protección Coordinable
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-5012	500kV	Secundario	GE	L90	2000/1 2000/1	500/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Reactor RE-02	500kV	Secundario	GE	T60	800/1 800/1 300/1 (RN-02)	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	500kV	Secundario	GE	T60	2000/1 2000/1 1500/1	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	220kV	Secundario	GE	T60	2500/1	220/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	Autotransformador 600/750 MVA	33kV	Secundario	GE	T60	1250/1	33/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación Miguel Grau	SVC	500kV	Secundario	GE	T60	2000/1	500/0.11	Proyectado	--
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2162	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2241	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2244	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Línea L-2143	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación Miguel Grau	Barra A y B	220kV	Secundario	GE	B30/MU320E	2500/1 1250/1	220/0.11	Proyectado	50BF

LISTA DE LAS PROTECCIONES COORDINABLES DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

Zona	Instalación	Celda	Tensión	Sistema	Marca del relé	Modelo del relé	RTC	RTT	Tipo	Protección Coordinable
Norte	Subestación La Niña	Línea L-5012	500kV	Principal	GE	L90	2000/1 2000/1	500/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación La Niña	Reactor RE-01	500kV	Principal	GE	T60	800/1 800/1 300/1 (RN-01)	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación La Niña	Barra A	500kV	Principal	SIEMENS	7SS522/7SS523	2000/1	500/0.11	Existente	50BF
Norte	Subestación La Niña	Barra B	500kV	Principal	SIEMENS	7SS522/7SS523	2000/1	500/0.11	Existente	50BF
Norte	Subestación La Niña	Línea L-2162	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	800/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación La Niña	Línea L-2241	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	800/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación La Niña	Línea L-5012	500kV	Secundario	GE	L90	1000/1 1000/1	500/0.11	Proyectado	21, 67N
Norte	Subestación La Niña	Reactor RE-01	500kV	Secundario	GE	T60	800/1 800/1 300/1 (RN-01)	500/0.11	Proyectado	51, 51N
Norte	Subestación La Niña	Línea L-2162	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	800/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación La Niña	Línea L-2241	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	800/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación Piura Oeste	Línea L-2144	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación Piura Oeste	Línea L-2143	220kV	Principal	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación Piura Oeste	Línea L-2144	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.1	Existente	21, 67N
Norte	Subestación Piura Oeste	Línea L-2143	220kV	Secundario	SIEMENS	7SL87	1250/1	220/0.1	Existente	21, 67N

ANEXO Nº 3

CRONOGRAMAS DEL PROYECTO

PARTE 1: CRONOGRAMA DE ENERGIZACIÓN - LÍNEAS Y SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ENLACE 500kV LA NIÑA - PIURA, SUBESTACIONES, LINEAS Y AMPLIACIONES ASOCIADAS

Emitido 5/11/2024

ITEM	DESCRIPCIÓN	CODIGO DE LÍNEA (FUERA DE SERVICIO)	Horas		Total	Dias		Total	Set-24	Oct-24	Nov-24	Dic-24	Ene-25	Feb-25	Mar-25
			Inicio	Fin	Horas	Inicio	Fin	Dias							
1.0	**TENSIÓN 500kV**														
1.1	Puesta en Servicio de un Interruptor y un Seccionador en Diametro 3, Linea a Trujillo 500kV (**L-5010**), Subestación La Niña 500kV	L-5010	08:00	17:00	09:00	8/12/2024	8/12/2024	1							
1.2	Energización **Barra A**, en nuevo Diametro 1, Subestación La Niña 500kV	BARRA A	05:00	17:00	12:00	9/12/2024	9/12/2024	1							
1.3	Energización **Barra B**, en nuevo Diametro 1, Subestación La Niña 500kV	BARRA B	05:00	17:00	12:00	8/12/2024	8/12/2024	1							
1.4	Energización Linea 500kV, de SE La Niña - SE Miguel Grau (**L-5012**) * Se pone en servicio, la Barra A y B de 500kV, SE Miguel Graú		08:00	12:00	04:00	12/12/2024	12/12/2024	1							
1.5	Puesta en Servicio del Autotransformador 500/220kV, **750MVA** * Se pone en servicio, la Barra A y B de 220kV, SE Miguel Graú		12:00	17:00	05:00	12/12/2024	12/12/2024	1							
2.0	**TENSIÓN 220kV**														
2.1	Pruebas y conexión de la Línea L2162, SE La Niña-SE Miguel Grau. Pruebas y conexión de la Línea L2144, SE Miguel Grau-SE Piura Oeste.	L-2162				16/12/2024	18/12/2024	**3**							
2.2	Pruebas y conexión de la línea L2241, SE La Niña-SE Miguel Grau. Pruebas y conexión de la línea L2143, SE Miguel Grau-SE Piura Oeste.	L-2241				20/01/2025	22/01/2025	**3**							
3.0	**OPERACIÓN EXPERIMENTAL**														
3.1	Periodo de Operación Experimental (30 dias)					31/01/2025	2/03/2025	**30**							
4.0	**PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL**														
4.1	Puesta en Operación Comercial (Emitido por el COES)						3/03/2025								◆

PARTE 2: CRONOGRAMA DE ENERGIZACIÓN - STATIC VAR COMPENSATOR (SVC)

ENLACE 500kV LA NIÑA - PIURA, SUBESTACIONES, LINEAS Y AMPLIACIONES ASOCIADAS

Emitido 5/11/2024

ITEM	DESCRIPCIÓN	CODIGO DE LÍNEA (FUERA DE SERVICIO)	Horas		Total	Dias		Total	Set-24	Oct-24	Nov-24	Dic-24	Ene-25	Feb-25	Mar-25
			Inicio	Fin	Horas	Inicio	Fin	Dias							
1.0	**TENSIÓN 500kV**														
1.1	Puesta en Servicio del SVC (Static Var Compensator) - 150/+300MVAR					25/01/2025	31/01/2025	**7**							
3.0	**OPERACIÓN EXPERIMENTAL**														
3.1	Periodo de Operación Experimental (30 dias)					31/01/2025	2/03/2025	**30**							
4.0	**PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL**														
4.1	Puesta en Operación Comercial (Emitido por el COES)						3/03/2025								◆