COMITÉ DE OPERACIÓN ECONOMICA DEL
SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

ANTEPROYECTO "SUBESTACIÓN "HUB" POROMA (PRIMERA ETAPA) Y ENLACE 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA, AMPLIACIONES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS"

INFORME FINAL

EXPEDIENTE TÉCNICO

N° 9-814-5-002-1

VOLUMEN I

RESUMEN EJECUTIVO

PEPSA TECSULT
MIEMBRO DEL GRUPO AECOM

acciona

Rev.	Fecha	Por	Revisado	Aprobado	Descripción
B	Mayo 2022	M.M./M.R./J.R. C.Q./P.R./R.L.	S.P.	M.L.	Emitido para revisión del Cliente.
0	Agosto 2022	M.M./M.R./J.R. C.Q./P.R./R.L.	S.P.	M.L.	Informe Final.
1	Septiembre 2022	S.P./M.R./J.R. C.Q./P.R./R.L.	S.P.	M.L.	Actualización

2	Febrero 2025	E.G.	E.J.	J.A.	Actualización 2
3	Abril 2025	E.G.	E.J.	J.A.	Actualización 3

ANTEPROYECTO "SUBESTACIÓN "HUB" POROMA (PRIMERA ETAPA) Y ENLACE 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA, AMPLIACIONES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS"

INFORME FINAL

EXPEDIENTE TÉCNICO

Nº 9-814-5-002-1

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I : RESUMEN EJECUTIVO

VOLUMEN II : INGENIERÍA DEL PROYECTO
PARTE A : LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

VOLUMEN II : INGENIERÍA DEL PROYECTO
PARTE B : SUBESTACIONES

VOLUMEN II : INGENIERÍA DEL PROYECTO
PARTE C : SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES Y CONTROL DIGITAL

VOLUMEN II : INGENIERÍA DEL PROYECTO
PARTE D : FICHA RESUMEN DEL PROYECTO

VOLUMEN III : ESTUDIOS ELÉCTRICOS
PARTE A : ESTADO ESTACIONARIO Y ESTABILIDAD

VOLUMEN III : ESTUDIOS ELÉCTRICOS
PARTE A-1 : ESTADO ESTACIONARIO

VOLUMEN III : ESTUDIOS ELÉCTRICOS
PARTE B : TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

VOLUMEN III : ESTUDIOS ELÉCTRICOS
PARTE B-1 : TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

VOLUMEN IV : PRESUPUESTO ESTIMADO Y CRONOGRAMA
PARTE A : PRESUPUESTO ESTIMADO

VOLUMEN IV : PRESUPUESTO ESTIMADO Y CRONOGRAMA
PARTE B : CRONOGRAMA

ANTEPROYECTO "SUBESTACIÓN "HUB" POROMA (PRIMERA ETAPA) Y ENLACE 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA, AMPLIACIONES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS"

INFORME FINAL

EXPEDIENTE TÉCNICO

Nº 9-814-5-002-1

VOLUMEN I: RESUMEN EJECUTIVO

INDICE

Pág

CONTENIDO

1.0 GENERALIDADES 1
1.1. ANTECEDENTES 1
1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO 2
1.3. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS 4
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 4
1.5. PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL 8
1.6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO 8
2.0 RESUMEN DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO 9
2.1. SUBESTACIÓN COLECTORA 500/220 KV 9
2.1.1. Descripción de la Subestación 9
2.1.2. Características técnicas de los equipos principales 10
2.1.2.1. Equipos en 500 kV 10
2.1.2.2. Banco de Autotransformadores de 500/220/33 kV 18
2.1.2.3. Equipos en 220 kV 19
2.2. SUBESTACIÓN HUB POROMA 500 KV 27
2.2.1. Descripción de la Subestación 27
2.2.2. Características técnicas de los equipos principales 27
2.3. LÍNEA DE TRANSMISIÓN 500 KV DE CONEXIÓN AL SEIN 40
2.3.1. Criterios de Diseño y Normas Aplicables 40
2.3.2. Trazo de Ruta 40
2.3.3. Características Generales 41
2.3.4. Aisladores 42
2.3.5. Estructuras 42
2.4. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES Y AUTOMATIZACIÓN 43
2.4.1. Sistema de Telecomunicaciones 43
2.4.2. Sistema de Control Digital. 43
3.0 CONCLUSIONES ESTUDIOS ELÉCTRICOS 44
3.1. ESTADO ESTACIONARIO Y ESTABILIDAD TRANSITORIA 45

3.1.1. Conclusiones de la Fase 1 45
3.1.1.1. Análisis de Energización 45
3.1.1.2. Análisis en Estado Estacionario 46
3.1.1.3. Análisis de Cortocircuito 47
3.1.1.4. Análisis de Estabilidad Transitoria 47
3.1.2. Conclusiones de la Fase 2 48
3.1.2.1. Análisis en Estado Estacionario 48
49
3.2. TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS 50
3.2.1. Conclusiones de la Fase 1 50
3.2.1.1. Estudio de Recierre Monofásico 50
3.2.1.2. Energización de Líneas 50
3.2.1.3. Verificación de Tensiones de Restablecimiento (TRV) 51
3.2.2. Conclusiones de la Fase 2 51
3.2.2.1. Modelo computacional 51
3.2.2.2. Verificación de extinción de arco secundario 52
3.2.2.3. Recierre monofásico sin falla 52
3.2.2.4. Energización de línea de transmisión 52
3.2.2.5. Verificación de tensiones de restablecimiento (TRV) 53
3.2.2.6. Análisis comparativo 53

4.0 PRESUPUESTO ESTIMADO 54

5.0 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO 55

6.0 PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL PROYECTO 56

ÍNDICE – ANEXOS

ANEXO N° 1 : PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL PROYECTO

ANTEPROYECTO "SUBESTACIÓN "HUB" POROMA (PRIMERA ETAPA) Y ENLACE 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA, AMPLIACIONES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS"

INFORME FINAL

EXPEDIENTE TÉCNICO

Nº 9-814-5-002-1

VOLUMEN I: RESUMEN EJECUTIVO

1.0 GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El Comité de Operación Económica del Sistema (COES), como parte de sus funciones y en el Marco del Reglamento de Transmisión, viene actualizando el Plan de Transmisión (PT) para el periodo (2023-2032), para lo cual debe desarrollar los ANTEPROYECTOS del Plan Vinculante y de Largo Plazo del PT (2023-2032) según el cronograma establecido en el Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN, aprobado en Febrero del 2021. Por tal motivo, el COES ha visto por conveniente el desarrollo, entre otros, del Anteproyecto "Subestación "Hub" Poroma (Primera Etapa) y Enlace 500 kV "Hub" Poroma - Colectora, ampliaciones y subestaciones asociadas".

Para el desarrollo del anteproyecto mencionado en el párrafo anterior, el COES realizó un Concurso por Invitación, dirigido a consultores que participaron en concursos anteriores en la realización de anteproyectos similares. Como resultado de este concurso, el COES otorgó la Buena Pro y contrató a PEPSA TECSULT (PEPSA) para que realice el mencionado anteproyecto.

El Anteproyecto de la Nueva Subestación "Hub" Poroma (Primera Etapa) y el Enlace de 500 kV "Hub" Poroma – Colectora, ampliaciones y subestaciones asociadas, consideró la construcción de una línea de transmisión en 500 kV Poroma – Colectora de 93.7 km de longitud, subestaciones asociadas y equipamiento en general.

2

Posteriormente, este proyecto fue adjudicado en el año 2024 a la Empresa Concesionaria Transmisora Hub Poroma (En adelante CTHP) quien durante la etapa de la ingeniería

2

optimizó el trazo de ruta de la línea de transmisión en 500 kV Poroma – Colectora de una longitud de 93.7 km a una longitud de 82 km.

1.2. Ubicación del Proyecto

El área del Proyecto Subestación "Hub" Poroma (Primera Etapa) y Enlace 500 kV "Hub" Poroma - Colectora, ampliaciones y subestaciones asociadas se encuentra ubicada en la Región Ica, entre las provincias de Ica y Nazca. El área del proyecto se encuentra delimitada referencialmente entre las siguientes coordenadas UTM:

	Poroma	**Colectora**
Este:	494466.05	441679.14
Norte:	8336717.22	8395761.31

(Datum WGS84, zona 18L)

En la Figura 2 se muestra la ubicación del Proyecto; en tanto que en la Fotografía 1 y en la Fotografía 2 se muestran los lugares en donde se implementarán las subestaciones Hub Poroma y Colectora, respectivamente.

Figura 2 - Ubicación del proyecto

Fotografía 1 – Lugar de construcción de la SE Hub Poroma.

Fotografía 2 – Zona aledaña al lugar de construcción de la SE Colectora.

La principal vía de acceso al proyecto desde la ciudad de Lima es mediante la utilización de la carretera Panamericana Sur.

1.3. Condiciones Climatológicas

Las ciudades de Ica y Nazca tienen un clima templado, desértico y oceánico con temperaturas altas y bajas durante todo el año, presenta también frecuentemente en épocas del año los denominados vientos Paracas que alcanzan velocidades de más de 70 km/h en varias localidades.

Las temperaturas máxima y mínima registradas en la zona del Proyecto son de 38 ºC y de 4 ºC respectivamente, así como una temperatura promedio de 26 °C. La lluvia es casi inexistente con un promedio anual de 1.5 mm.

1.4. Descripción del Proyecto

Los criterios adoptados para el desarrollo del Anteproyecto son aquellos que permiten cumplir con los lineamientos establecidos en el Procedimiento COES PR-20, correspondiente a la calificación de "Sistema de Transmisión Troncal Nacional (STTN)", así como con las reglas establecidas en el Código Nacional de Electricidad Suministro – 2011 y en el Código Nacional de Electricidad Utilización – 2006.

El Anteproyecto abarca la implementación de las siguientes instalaciones, de acuerdo con el esquema eléctrico de la Figura 1.4.1:

- **Subestación Hub Poroma 500 kV.**

  Nueva subestación en 500 kV; de configuración interruptor y medio, y cuyas barras colectoras se interconectarán con las barras colectoras en 500 kV de la Subestación Poroma existente, lo cual se realizará mediante dos celdas de maniobra (Una celda para la interconexión de las Barras "A" y la otra para la interconexión de las Barras "B"), ubicadas en el Patio de 500 kV de la Subestación Hub Poroma. El área de terreno estimada que ocupará esta subestación es de 163,840 m^2. Tendrá además, un diámetro con 2/3 de equipamiento para la salida de la línea en 500 kV hacia la nueva subestación Colectora 500/220 kV.

  La Subestación Hub Poroma, contará con espacios de reserva para la implementación futura de diámetros adicionales en 500 kV, así como para la instalación de dos bancos de autotransformadores monofásicos de 500/220 kV y un patio de 220 kV.

- **Línea de transmisión en 500 kV Hub Poroma – Colectora**

  2

  Una línea de transmisión de simple terna en 500 kV, de 82 km de longitud aproximada y con capacidad de transmisión en forma permanente de 1400 MVA; tendrá la función de interconectar las subestaciones Hub Poroma y Colectora. En la Parte A del Volumen II de este expediente técnico se dará una descripción completa de esta línea de transmisión.

- **Subestación Colectora 500/220 kV.**

  La Subestación Colectora 500/220 kV será una subestación de maniobra y transformación, de configuración de doble barra con interruptor y medio en el nivel de tensión de 500 kV y de doble barra con seccionador de transferencia en el nivel

de 220 kV; será del tipo convencional aislada en aire (AIS). El área de terreno estimada que ocupará esta subestación es de 129,720 m^2.

La Subestación Colectora, contará con espacios de reserva para la implementación futura de diámetros adicionales en 500 kV, así como para la instalación de un segundo banco de autotransformadores monofásicos de 500/220 kV y celdas de reserva en el patio de 220 kV.

- **Sistemas complementarios**

Se implementarán los sistemas de protección, control, medición, comunicaciones, pórticos y barras, puesta a tierra, servicios auxiliares, obras civiles y las que correspondan para la correcta operación de las subestaciones Hub Poroma y Colectora, así como de la línea de enlace entre estas dos subestaciones.

Es necesario precisar que la configuración, el dimensionamiento y las características finales de los equipos de compensación reactiva serán definidos como resultado de los estudios eléctricos de diseño y que deberán ser aprobados por el COES.

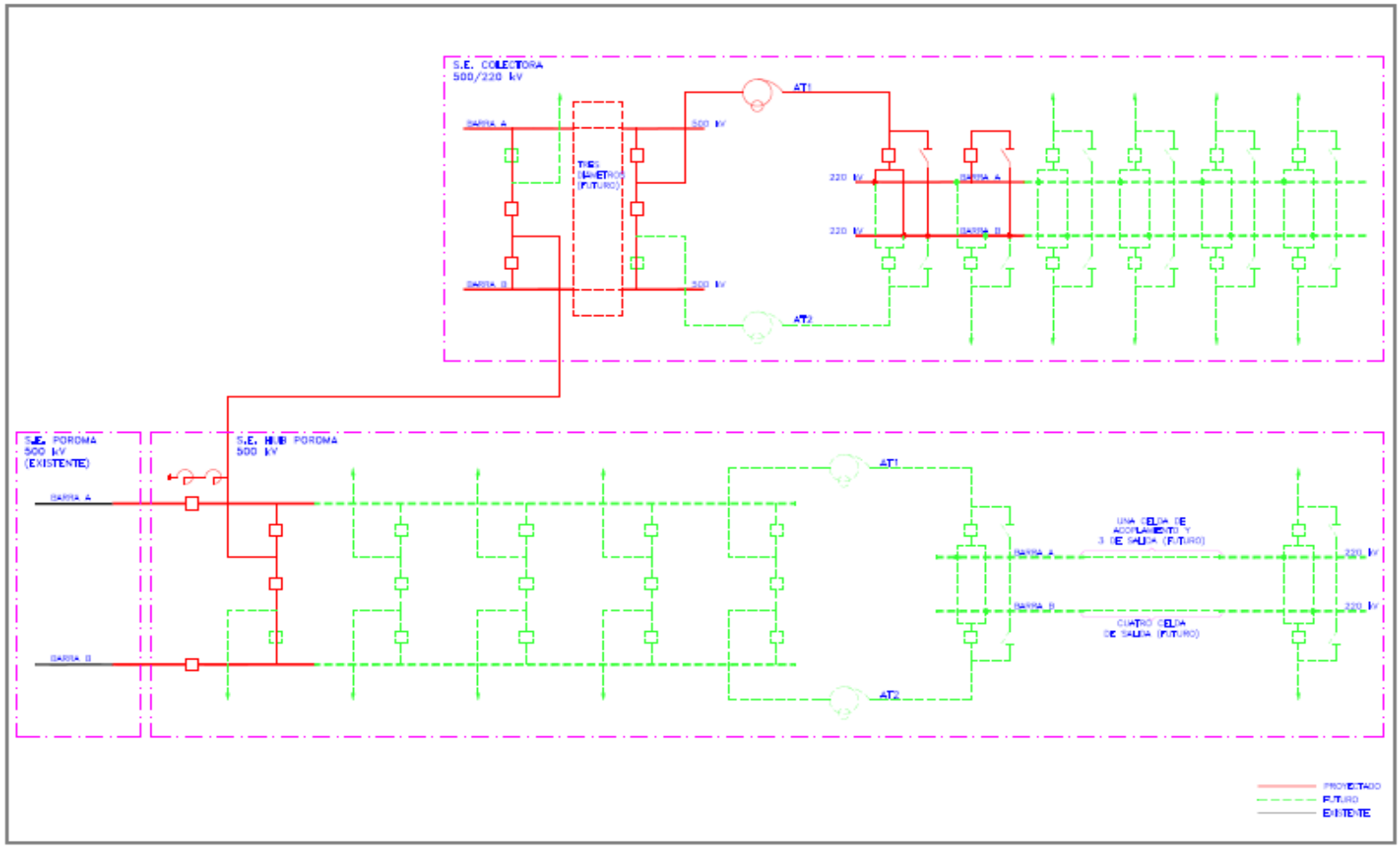


Figura 1.4.1 – Esquema eléctrico del Proyecto Hub Poroma – Colectora

1.5. Puesta en Operación Comercial

De acuerdo con el cronograma de ejecución de obra se tiene previsto de que el Proyecto entre en operación comercial en año 2028.

1.6. Características Generales del Proyecto

Las principales características del sistema eléctrico para el desarrollo del proyecto se presentan en el Cuadro 1 a continuación:

Cuadro 1 - Características del sistema eléctrico

Descripción	Unidad	SE Colectora		SE "Hub" Poroma
		500 kV	220 kV	500 kV
Tensión nominal	kV	500	220	500
Tensión asignada del equipo	kV	550	245	550
Frecuencia asignada	Hz	60	60	60
Sistema de puesta a tierra		Sólido	Sólido	Sólido
Número de fases		3	3	3
Niveles de aislamiento:				
a) Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo (LWIL)	kV	1550	1050	1550
b) Tensión soportada asignada al impulso tipo maniobra (SWIL)	kV	1175	------	1175
c) Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial	kV	620	460	620
Corriente de corta duración admisible asignada	kA	40	40	40
Duración del cortocircuito asignada	s	1	1	1
Distancia de fuga unitaria	mm/kV	31	31	31

2.0 RESUMEN DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO

A continuación, se presenta una breve descripción de las instalaciones del Proyecto, según los alcances que se presentaron en el numeral 1.4 “Descripción del Proyecto”.

2.1. Subestación Colectora 500/220 kV

2.1.1. Descripción de la Subestación

La Subestación Colectora 500/220 kV será una subestación de maniobra y transformación aislada en aire (Tipo AIS). Su configuración será del tipo interruptor y medio en el nivel de tensión de 500 kV y de doble barra con seccionador de transferencia en el nivel de 220 kV. En el lado de 500 kV estará conformada por dos diámetros con el 2/3 de equipamiento cada uno de ellos y con previsión para implementar diámetros adicionales en el futuro; el lado de 220 kV estará conformado por dos bahías con su equipamiento completo y con previsión para adicionar celdas de salida en el futuro.

En el Patio de 500 kV, uno de los diámetros tendrá una bahía que corresponderá a la salida hacia la Subestación Hub Poroma y el segundo diámetro estará destinado para la salida al banco de autotransformadores de potencia de 500/220/33 kV y con previsión para la implementación de una salida para un segundo banco de autotransformadores de similares características.

En el Patio de 220 kV, este proyecto considera la implementación de una bahía de transformación para la conexión al Banco de Autotransformadores de 500/220/33 kV y una bahía el acoplamiento de las barras de 220 kV y previsión para la instalación de celdas de reserva.

La Subestación Colectora 500/220 kV contará con un Banco de Autotransformadores de Potencia de 600/750 MVA (ONAN/ONAF), 500/220 kV conformado por tres unidades monofásicas más una de reserva. El banco de autotransformadores tendrá un devanado terciario de compensación con previsión para el suministro de energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación.

Para la conformación de las barras colectoras en 500 kV y 220 kV, así como para las conexiones de los equipos convencionales entre sí, al banco de autotransformadores, a las barras y a la línea aérea se utilizarán conductores de aleación de aluminio (AAC) de las características principales que se indican en el literal g) del numeral 2.1.2.1 de este documento.

2.1.2. Características técnicas de los equipos principales

A continuación, se presenta una breve descripción de las características técnicas principales de los siguientes equipos:

2.1.2.1. Equipos en 500 kV

a) Interruptor de Potencia.

El interruptor 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, a ser implementados en la subestación Colectora 500 kV, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	337 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

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
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 de los interruptores de diámetro	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito (1s)	40 kA
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando del Interruptor de Autotrafos - 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 de línea a emplearse en el proyecto serán 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 será del tipo tripolar y con mando eléctrico/manual. Los seccionadores tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Altura de instalación	337 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 (1s)	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 Diámetro.

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

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Altura de instalación	337 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 (1s)	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

d) Transformadores de Corriente.

Los transformadores de corriente en 500 kV serán 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 a ser implementados en los diámetros de la S.E Colectora 500 kV, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Altura de instalación	337 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	680 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración	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 x 15 VA – 5P20 1 x 15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

e) Transformadores de Tensión Capacitivos.

Los transformadores de tensión para 500 kV serán 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 Hub Poroma, dos de los tres transformadores de tensión capacitivos deberán contar con accesorios para onda portadora.

Estos transformadores de tensión capacitivos tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Capacitivo
Altura de instalación	337 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	680 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 x 15 VA – 3P 1 x 15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

f) Pararrayos.

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

Los pararrayos a ser implementados en el nivel de 500 kV en la Subestación Colectora tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	337 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	444
Tensión continua de operación, Uc (kV)	355
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	5
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

g) **Conductor Desnudo Para 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:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Fabricante	
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	
Tensión de ruptura	18966.4 Kgf
Máxima resistencia CC a 20 °C	0.0229 Ohm/Km
Resistencia AC a 75 °C	0.032 Ohm/Km
Coeficiente de expansión lineal	23 x 10^{-6} $°C^{-1}$
Módulo de elasticidad	6300 Kg/mm^2
Peso unitario	3527 Kg/Km

2.1.2.2. Banco de Autotransformadores de 500/220/33 kV

La Subestación Colectora contará con un Banco de Autotransformadores de Potencia de 500 / 220 / 33 kV, 3 x 250 / 250 / 83.3 MVA (ONAF), YNa0d1, más una unidad de reserva de similares características. Este banco de autotransformadores enlazará los patios de 500 kV y 220 kV de la subestación. Los Autotransformadores deberán equiparse con un sistema contra explosión y prevención de incendio y un sistema de recuperación de aceite (mediante bombeo) en caso de derrame. Asimismo, deberá considerar la instalación de muros cortafuego a fin de aislar los autotransformadores entre sí.

A continuación, se presentan las principales características de los autotransformadores que conforman este banco de transformación.

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico 3 devandos ONAN/ONAF Regulación automática
Conexión	Banco trifásico en estrella (3 + 1 de reserva)
Altura de instalación	340 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	620/460/70 kV rms
Impedancia de cortocircuito nominal	16 / - / - %
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

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
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	3×15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

2.1.2.3. Equipos en 220 kV

a) Interruptor de Potencia.

El interruptor 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 220 kV, a ser implementados en la subestación Colectora 220 kV, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	----------
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal en servicio continuo de los interruptores de diámetro	2500 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito (1s)	40 kA
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco	SF6
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando del Interruptor del Bco. de Autotransf. - 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 barras tipo pantógrafo.

En el proyecto se emplearán seccionadores de barras y de transferencia del tipo pantógrafo, con mando a motor, para instalación exterior. Los seccionadores tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Pantógrafo
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	--------
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1s)	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

c) Seccionador de barras tipo apertura central. 3

En el proyecto se emplearán seccionadores de barras del tipo apertura central, con mando a motor, para instalación exterior. Los seccionadores tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Apertura Central
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	---------
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1s)	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 línea tipo apertura central.

3

Los seccionadores de línea a emplearse en el proyecto serán del tipo apertura central con cuchillas de puesta a tierra de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. Los seccionadores tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Apertura Central
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	----------
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1s)	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

e) Transformadores de Corriente.

Los transformadores de corriente en 220 kV serán 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 a ser implementados en la Subestación Colectora 220 kV, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásicos
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	----------
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	460 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración	40 kA
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación	2500 – 1250 / 1-1-1-1 A
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3 x 15 VA – 5P20 1 x 15 VA – Clase 0.2S
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

f) Transformadores de Tensión Capacitivos.

Los transformadores de tensión para 220 kV serán del tipo capacitivo, monofásicos, inmersos en aceite, de sellado hermético, auto enfriados, para servicio exterior, adecuados para propósitos de protección y/o medición.

Estos transformadores de tensión capacitivos tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Capacitivo
Altura de instalación	337 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 onda de impulso 250/2500 μs	----------
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 x 15 VA – 3P 1 x 15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

g) Pararrayos.

Los pararrayos serán 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 a ser implementados en el nivel de 220 kV en la Subestación Colectora, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	337 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	198
Tensión continua de operación, Uc (kV)	155
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	4
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

2.2. Subestación Hub Poroma 500 kV

2.2.1. Descripción de la Subestación

La Subestación Hub Poroma 500 kV será una subestación de maniobra aislada en aire (Tipo AIS), nivel de tensión de 500 kV. Su configuración será del tipo de doble barra con interruptor y medio; estará conformada por un diámetro con el 2/3 de equipamiento, y con previsión para implementar diámetros adicionales en el futuro. Contará también con dos celdas adicionales para interconectar sus barras colectoras con las barras colectoras de la Subestación Poroma 500 kV existente.

En el Patio de 500 kV de la Subestación Hub Poroma, el diámetro habilitado con 2/3 de equipamiento corresponderá a la bahía de salida de la línea en 500 kV Hub Poroma - Colectora.

La Subestación Hub Poroma, en la salida que corresponde a la línea de transmisión hacia la Subestación Colectora tendrá compensación reactiva shunt conformada por un banco de autotransformadores monofásicos con su respectivo reactor de puesta a tierra.

Para la conformación de las barras colectoras en 500 kV, así como para las conexiones de los equipos convencionales entre sí, a las barras y a la línea aérea se utilizarán conductores de aleación de aluminio (AAC) de las características principales que se indican en el literal k) del numeral 2.2.2 de este documento.

2.2.2. Características técnicas de los equipos principales

A continuación, se presenta una breve descripción de las características técnicas principales de los siguientes equipos:

a) Interruptor de Potencia.

El interruptor 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, a ser implementados en la subestación Hub Poroma, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Tanque vivo
Operación	Uni-tripolar
Altura de instalación	507 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 de los interruptores de enlace de barras	4000 A
Corriente nominal en servicio continuo de los interruptores de diámetro	2500 A
Corriente nominal en servicio continuo del interruptor de los reactores.	2000 A
Corriente de corte nominal de cortocircuito (1s)	40 kA
Cámaras de interrupción: - Medio de extinción del arco - Número de cámaras de corte por fase	 SF6 2
Instalación	Exterior
Dispositivo de mando: - Funcionamiento - Mando del Interruptor de Reactores - 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 de línea a emplearse en el proyecto serán 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 será del tipo tripolar y con mando eléctrico/manual. Los seccionadores tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Altura de instalación	507 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 (1s)	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 - Tensión auxiliar	 Tripolar Manual y Eléctrico 220 Vcc
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

c) Seccionadores de Diámetro y Enlace Barras.

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

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Semipantógrafo
Altura de instalación	507 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 Secc diámetro	2500 A
Corriente nominal Secc enlace barras	4000 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1s)	40 kA
Instalación	Exterior
Montaje Secc diámetro y Secc enlace barras	Vertical y 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) Seccionador del Banco de Reactores.

3

El seccionador para el banco de reactores a emplearse en el proyecto será del tipo articulado, apertura vertical de operación tripolar, con mando a motor, para instalación exterior. El seccionador tendrá las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Articulado, apertura vertical
Altura de instalación	337 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 (1s)	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 será del tipo apertura vertical de operación monopolar, con mando a motor, para instalación exterior. Tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Apertura vertical
Altura de instalación	337 msnm
Tensión de servicio	115 kV
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
Corriente nominal	
Corriente de cortocircuito de corta duración (1s)	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 serán 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 a ser implementados en los diámetros de la S.E Hub Poroma 500 kV, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásicos
Altura de instalación	507 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	680 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración	40 kA
Frecuencia nominal	60 Hz
Relación de transformación TC diámetros	2000 – 1000 / 1-1-1-1 A
Relación de transformación TC enlace barras	4000 – 2000 / 1-1-1-1 A
Consumo y clase de precisión - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 3 x 15 VA – 5P20 1 x 15 VA – Clase 0.2
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

g) Transformadores de Tensión Capacitivos.

Los transformadores de tensión para 500 kV serán 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 Colectora dos de los tres transformadores de tensión capacitivos deberán contar con accesorios para onda portadora.

Estos transformadores de tensión capacitivos tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Capacitivos
Altura de instalación	507 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	680 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 x 15 VA – 3P 1 x 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 serán del tipo sumergido en aceite y de sellado hermético, monofásicos (4 unidades), para servicio exterior y adecuados para tales propósitos. Los reactores deberán equiparse con un sistema contra explosión y prevención de incendio y un sistema de recuperación de aceite (mediante bombeo) en caso de derrame. Asimismo, deberá considerar la instalación de muros cortafuego a fin de aislar los reactores entre sí.

Los reactores a ser implementados en las líneas a la subestación Hub Poroma, tendrán las siguientes características principales:

3

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Altura de instalación	337 msnm
Tensión de servicio sistema	500 kV
Tensión máxima de servicio	525 kV
Tensión máxima del equipo	550/ $\sqrt{}$3 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	680 kV rms
Corriente de cortocircuito de corta duración	40 kA
Potencia reactiva total Salida a Colectora	30 MVAr
Frecuencia nominal	60 Hz
TC relación de transformación lado línea - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 800 / 1-1 A 300 – 150 / 1 A
TC relación de transformación lado neutro - Núcleos de Protección	800 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión lado línea - Núcleos de Protección - Núcleos de Medición	 2 x 15 VA – 5P20 1 x 15 VA – Clase 0.2
Consumo y clase de precisión lado neutro - Núcleos de Protección	2 x 15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

i) Reactor de Neutro

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

El reactor de neutro tendrá las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Monofásico
Altura de instalación	337 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
Corriente de cortocircuito de corta duración	40 kA
Impedancia del reactor a la Salida a Colectora	892 Ohm
Frecuencia nominal	60 Hz
TC relación de transformación lado secundario - Núcleos de Protección	300-150 / 1-1 A
Consumo y clase de precisión lado secundario - Núcleos de Protección	2 x 15 VA – 5P20
Instalación	Exterior
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

j) Pararrayos.

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

Los pararrayos a ser implementados en el nivel de 500 kV en la subestación Hub Poroma, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	507 msnm
Tensión nominal asignada, Ur (kV)	444
Tensión continua de operación, Uc (kV)	355
Frecuencia (Hz)	60
Corriente nominal de descarga (kA)	20
Clase	5
Distancia nominal de fuga mínima específica	31 mm/kV

Los pararrayos a ser implementados en el neutro de los reactores de línea, nivel de 115 kV, en la subestación Hub Poroma, tendrán las siguientes características principales:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Tipo	Óxido metálico
Norma de fabricación	IEC
Altura de instalación	507 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	32 mm/kV

k) Conductor Desnudo Para 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:

DESCRIPCION	DATOS TECNICOS
Fabricante	
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	
Tensión de ruptura	18966.4 Kgf
Máxima resistencia CC a 20 °C	0.0229 Ohm/Km
Resistencia AC a 75 °C	0.032 Ohm/Km
Coeficiente de expansión lineal	23 x 10^{-6} $°C^{-1}$
Módulo de elasticidad	6300 Kg/mm^2
Peso unitario	3527 Kg/Km

2.3. Línea de Transmisión 500 kV de Conexión al SEIN

2.3.1. Criterios de Diseño y Normas Aplicables

Las normas y códigos usados para el diseño son principalmente el CNE 2011 – Suministro, el procedimiento PR-20 del COES y estándares IEC.

2.3.2. Trazo de Ruta

2

Resumen:

Altitud, msnm	Longitud, km
100 - 800	82

La mayor parte del trazo de esta línea es cercano a los accesos vehiculares de uso público, así como a los accesos propios de las líneas de transmisión existentes.

El trazo se inicia en el pórtico de salida proyectado del Hub Poroma, A partir de la torre terminal el trazo gira a la izquierda, cruza la LT Colcabamba - Poroma (L-5031) entre los vértices V-01 y V-02 y se desvía ligeramente a la derecha para avanzar en dirección noroeste hasta el V-03, siguiendo un recorrido paralelo a la LT Chilca CTM – Poroma (L-5032) y LT Intermedia – Poroma (proyectada). A partir del V-03 y salida de la zona del PE Wayra I, gira nuevamente a la derecha para continuar paralela a las mismas y a las LTs Cahuachi - Marcona (L-2315) y Cahuachi - Marcona (L-6030), hasta el V-06 (próximo a la S.E. Cahuachi). Desde aquí sigue el recorrido paralelo a las LTs Derivación - Cahuachi (L-2312) y Cahuachi - Llipata (L-6630), hasta el V-07 desde el cual cruza las mismas, además de las LTs Chilca CTM – Poroma (L-5032) y LT Intermedia – Poroma (proyectada), para continuar paralela a estas 2 últimas LTs hasta el V-13. Continua en la misma dirección hasta el V-15 y gira a la derecha para llegar a la ubicación prevista para la SE Colectora.

Se adoptó esta forma de recorrido a fin de avanzar de manera más o menos paralela con la Chilca CTM – Poroma (L-5032) evitando de la misma forma la extensa área arqueológica de Cahuachi.

2.3.3. Características Generales

3

Se muestran en el siguiente cuadro:

Características Generales

Descripción	Valor
Tensión nominal del sistema	500
Frecuencia del sistema	60
Máxima tensión entre fases	550 kV
Condición de proyecto	Línea nueva
Longitud	82 km
Número de ternas	1 terna
Capacidad de transmisión	Normal – 1400 MVA/terna Emergencia – 1820 MVA, 30 min.
Número de transposiciones	1 (Transposición completa)
Altitud mínima / máxima	100 / 800 msnm
Área/Zona de Carga CNE	Zona C
Conductor activo	ACAR 800 MCM (405 mm²)
Número de conductores/fase	4
Cable de comunicaciones	1 x OPGW 36 fibras (≥56,5 mm²)
Cable de guarda	1 x Alumoweld 7N°7 AWG (70 mm²)
Aisladores	Poliméricos. Tipo FXBW-500kV/160kN
Número de aisladores/cadena	1 x FXBW-500kV/160kN – suspensión I 2 x FXBW-500kV/160kN – suspensión V 2 x FXBW-500kV/160kN – anclaje
Tipo de estructuras	Torres de celosía de acero auto soportados simple terna
Configuración	Horizontal
Puestas a Tierra	Cable copperweld 7N°10 AWG (35 mm²)
	Varillas tipo Copperweld ø16 x 2,40m
	Cemento conductivo
Ancho total de faja de servidumbre	64 m

3

2.3.4. Aisladores

Las cadenas de aisladores a ser utilizadas se muestran en el cuadro siguiente:

Descripción	Cadena de Suspensión Tipo I	Cadena de Suspensión Tipo V	Cadena de anclaje
Ubicación en estructura	Fases laterales	Fase central	Todas las fases
N°cad x tipo	1xFXBW-500kV/160kN	2xFXBW-500kV/160kN	2xFXBW-500kV/160kN

2

Los tipos de aisladores corresponden a las normas IEC. Presentan las siguientes características:

Tipo de aislador	FXBW-500kV/160kN
Diámetro del núcleo (C)	24mm
Diámetros (P1/P2/P3)	170/149/119 mm
Longitud (L)	5250±50 mm
Distancia de arco seco (D)	>4818 mm
Línea mínima de fuga	≥ 17908 mm
Carga de rotura	160 kN

3

Las cadenas y tipos de aisladores descritos pueden ser usados a lo largo de toda la línea de transmisión sin restricciones.

2.3.5. Estructuras

2

Se instalarán estructuras tipo celosía de acero galvanizado auto soportados, simple terna, configuración horizontal para dos cables de guarda (1 OPGW + 1 convencional).

Los tipos de estructuras se han definido en función de su ubicación en el trazado de las líneas y son los siguientes:

ASL - Suspensión liviana (alineamiento)

ASR - Suspensión reforzada (alineamiento)

AAL - Anclaje liviano

AAR - Anclaje reforzado

ARA- Anclaje angular / terminal

ATS – Transposición

2.4. Sistema de Telecomunicaciones y Automatización

2.4.1. Sistema de Telecomunicaciones

Se implementarán un enlace principal de telecomunicaciones de fibra óptica OPGW entre las nuevas subestaciones: S.E. Hub Poroma 500 kV y S.E. Colectora 500/220 kV. Para ello se utilizará un cable OPGW de 36 fibras monomodo en las estructuras de la línea de transmisión de 500 kV entre dichas subestaciones. El enlace utilizará equipos de red óptica SDH.

Se implementarán un enlace de respaldo de onda portadora a través de la nueva línea de transmisión de 500 kV entre la S.E. Hub Poroma 500 kV y la S.E. Colectora 500/220 kV. Se reutilizarán los equipos de onda portadora del tipo digital, en base a terminales DPLC (digital Power Line Carrier).

El Sistema de Telecomunicaciones soportará a los servicios de telefonía de coordinación operativa, teleprotección y transmisión de datos de control y supervisión de la infraestructura eléctrica.

2.4.2. Sistema de Control Digital.

En las nuevas subestaciones Hub Poroma y Colectora se implementarán Sistemas de Automatización de Subestación (SAS), con el fin de gestionar las señales de telealarmas, teleseñales, telemedidas y telecomandos correspondientes a los equipos de la infraestructura de 500 y 220 kV.

Los SAS cumplirán con la norma IEC 61850, integrando los IEDs de protección, unidades de control de bahía, unidades de estación, unidades de medida y otros equipos de supervisión y control conectados a través de una topología LAN Ethernet. La arquitectura responderá a niveles de control jerarquizados.

Asimismo, dichos SAS se interconectarán con el Centro de Control del Operador de Transmisión a través de la infraestructura redundante de telecomunicaciones y desde éste se reportarán los datos al COES en cumplimiento de la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real para la operación del SEIN (NTIITR).

El SAS de la nueva S.E. Hub Poroma tendrá interconexión con el actual sistema de control operando en la S.E. Poroma, la interconexión utilizará equipos de ciberseguridad.

En las subestaciones Hub Poroma y Colectora se incluye un Concentrador de Datos Fasoriales (PDC) para la integración y gestión de los PMU de los relés de protección de línea.

Los datos fasoriales serán remitidos del Centro de Control del Concesionario al COES.

3.0 CONCLUSIONES ESTUDIOS ELÉCTRICOS

2

Los estudios eléctricos en estado estacionario y estudios de transitorios electromagnéticos han sido desarrollados en 2 fases:

Fase 1: Corresponde al anteproyecto donde considera la línea LT 500 kV Poroma – Colectora de 93.7 km, un Reactor de potencia 90 MVar y un reactor de neutro de 892 Omhs.y cuyos objetivos son:

- Verificar el comportamiento del SEIN en estado estacionario, debido a la inclusión de la del anteproyecto, el cual no debe presentar ningún impacto negativo sobre las condiciones de operación del sistema.
- Determinar los niveles de cortocircuito en las barras cercanas a la zona de influencia del anteproyecto, el cual sirve como referencia para la verificación y el diseño de los equipos de maniobra y protección, y dimensionamiento de mallas de puesta a tierra.
- Verificar la respuesta dinámica del SEIN incluyendo la operación del anteproyecto, ante fallas en el sistema de transmisión cercanas a la zona de influencia.

Fase 2: Corresponde a la reducción en la longitud de la línea considerada en la Fase 1 (LT 500 kV Poroma – Colectora a 82 km). Este estudio tiene como objetivos:

- Verificar el desempeño de la línea de transmisión en 500 kV Poroma – Colectora de 82 km de longitud y los equipos asociados, un reactor de línea de 90MVAr.
- Evaluar el desempeño de la línea de transmisión en 500 kV Poroma – Colectora de 82 km y sus equipos asociados, un reactor de línea con el 75% del grado de compensación el cual es definido mediante los estudios.
- Comparar los resultados obtenidos en el presente informe con los resultados del estudio de estado estacionario del Anteproyecto aprobado en el PT 2023-2032.

- Verificación de afectación en la distribución de flujos considerado en el EPO asociado al Anteproyecto "Enlace 500kV Colectora – Bicentenario – Chilca, Ampliaciones y Subestaciones Asociadas".

Para los análisis de estado estacionario se está utilizando la misma base de datos del Power Factory Digsilent del Anteproyecto aprobado en el Plan de Transmisión 2023-2032. Asimismo, los análisis de los estudios de estado estacionario corresponden a las siguientes configuraciones:

Configuración 0

Línea de transmisión 500 kV Poroma – Colectora de 93.7 km de longitud con sus equipos, reactor de línea de 90 MVAr – Anteproyecto del COES que forma parte del Plan de Transmisión 2023-2032.

Configuración 1

Línea de transmisión 500 kV Poroma – Colectora de 93.7 km de longitud, manteniendo las magnitudes de los equipos de la Configuración 0, reactor de línea de 90 MVAr.

Configuración 2

Línea de transmisión 500 kV Poroma – Colectora 82 km con sus respectivos equipos asociados a su línea, reactor de línea de 80 MVAr.

Debido a la reducción del trazo de la línea de 93.7 km a nueva longitud de 82 km de la línea Poroma – Colectora, la Empresa CTHP realizó la evaluación si los equipos propuestos inicialmente, un reactor de línea de 90 MVAr y su reactor de neutro de 892 Ohm, que están asociados a la antigua longitud (93.7 km) de la línea Poroma – Colectora mantendrán sus mismas magnitudes sin afectar la operación del sistema o dichas magnitudes deberán ser modificados para garantizar una adecuada operación del SEIN.

3.1. Estado Estacionario y Estabilidad Transitoria

Los análisis del estado estacionario se han desarrollado ampliamente para las dos fases y se encuentran en la siguiente carpeta:

- Vol III EstElectr-Parte A : Fase 1
- Vol III EstElectr-Parte A-1 : Fase 2

3.1.1. Conclusiones de la Fase 1

3.1.1.1. Análisis de Energización

Es factible la energización del anteproyecto en todos los escenarios analizados, debido a que se cumplen con los criterios operativos.

3.1.1.2. Análisis en Estado Estacionario

Operación Normal

En la condición de operación normal, sin considerar y considerando el anteproyecto tanto para el caso base y el caso adicional, se observa que en las condiciones hidrológicas de avenida y estiaje en todos los escenarios de operación para los años 2028 y 2030, el perfil de tensiones en las barras se encuentra dentro de los límites permisibles cumpliendo con los criterios en operación normal, asimismo no hay sobrecarga en ninguna de las líneas de transmisión ni en los transformadores incluyendo el transformador del SVC de las subestaciones Socabaya y San José, cumpliendo satisfactoriamente con los criterios de operación normal.

Operación Contingencia

En todos los escenarios de operación para los años 2028 y 2030 sin considerar y considerando el anteproyecto tanto para el caso base y el caso adicional, el perfil de tensiones se encuentra dentro de límites permisibles para contingencias.

Así mismo, no hay sobrecarga en ninguna de las líneas de transmisión ni en los autotransformadores.
A excepción de la contingencia N° 18 (FS AT72-523) en todos los escenarios del año 2028 y 2030 donde el autotrafo AT72-52_T2 de la SE Chilca se sobrecarga entre 115.2% a 142.19% de manera similar tanto en la condición sin anteproyecto y con anteproyecto caso base, evidenciándose que las sobrecargas con el anteproyecto no son atribuibles al mismo anteproyecto; y en esta misma contingencia N° 18, la sobrecarga en el autotrafo AT72-52_T2 en la condición con anteproyecto caso adicional esta entre 114.7% a 141.9%, evidenciándose que al evacuar una generación de 750 MW en la SE Poroma se manifiestan estas sobrecargas que no son atribuiles al anteproyecto.

La cargabilidad de los transformadores de los SVC de la SE Socabaya y de la SE San José tienen una cargabilidad menor al 100%, es decir, los SVCs operan dentro de su capacidad nominal, a excepción de las contingencias N° 8, 12, 13 y 14 en estiaje máxima demanda 2028 y avenida máxima demanda 2030 donde el transformador del SVC de la SE San José

supera el 100% de cargabilidad en la condición sin y con anteproyecto caso base, con una mayor cargabilidad en la condición con anteproyecto en 0.4% respecto a la condición sin anteproyecto en algunas contingencias, y la máxima sobrecarga en el caso adicional en el transformador del SVC de la SE San José es 103.7%, en ese sentido, se evidencia que estas sobrecargas mayores en 0.4% respecto a la condición sin anteproyecto no son atribuibles a la operación del anteproyecto.

Tanto en condiciones de operación normal y en contingencias, las tensiones en las barras de la SE Poroma son similares ó mayores en algunos escenarios en la condición con anteproyecto respecto a la condición sin anteproyecto, validando la operación del reactor de línea de 90 MVAr en el extremo de la SE Poroma.

Así mismo, no es necesario el equipo de compensación serie en la LT Poroma – Colectora, debido a que no es un enlace entre dos áreas de sistemas de potencia, sino que en el extremo de la línea, en la SE Colectora se conectaran centrales eléctricas que evacuaran su energía hacia el SEIN.

3.1.1.3. Análisis de Cortocircuito

Considerando la operación del anteproyecto en el año 2028, las corrientes de cortocircuito en las barras de 220 kV y 500 kV de la SE Poroma se incrementan como máximo en 0.1 KA (220 kV) y 0.3 kA (500 kV) respectivamente respecto a la condición de sin anteproyecto.

En el año 2030 para el escenario de máximos niveles de generación, en las barras de 220 kV y 500 kV de la SE Poroma tienen unas corrientes de cortocircuito máximas de 16.3 KA y 9.0 kA respectivamente en la condición con anteproyecto; y en las barras de 220 kV y 500 kV de la SE Colectora se tienen unas corrientes de cortocircuito máximas de 6.8 KA y 4.8 kA respectivamente en la condición con anteproyecto.

Se evidencia que el anteproyecto no incrementa el nivel de cortocircuito en las demás barras en la zona de influencia.

3.1.1.4. Análisis de Estabilidad Transitoria

Ante grandes perturbaciones de fallas monofásicas con recierre exitoso al 1% y 99% de las líneas, y fallas trifásicas con apertura definitiva al 1% y 99% de las líneas tanto para el caso base y el caso adicional, el sistema logra recuperar un nuevo punto de operación en estado estacionario.

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

Los flujos de potencia en todas las líneas de transmisión y autotransformadores se amortiguan alcanzando un nuevo punto de operación estable; y de igual manera la potencia reactiva que entregan los SVC de la SE Socabaya y de la SE San José.

Los ángulos de los rotores de los generadores no pierden sincronismo, encontrándose dentro del rango ±90°.

3.1.2. Conclusiones de la Fase 2

3.1.2.1. Análisis en Estado Estacionario

Se determino mediante simulaciones que las configuraciones evaluadas son técnicamente factibles y cumplen con los criterios de desempeño del Procedimiento N° 20 del COES. En tal sentido, el proyecto de Hub de Poroma se mantendrá con los equipos asociados a **Configuración 1**: Línea de transmisión 500 kV Poroma – Colectora de 82 km de longitud, reactor de línea de 90 MVAr y su correspondiente reactor de neutro de 892 Ohm.

A continuación, se detallarán los resultados más relevantes obtenidos en el estudio:

Para el desarrollo del análisis comparativo del anteproyecto Subestación "Hub" Poroma se ha utilizado la misma base de datos del Power Factory Digsilent aprobado en el Plan de Transmisión 2023-2032.
Así mismo, para la sensibilidad, para el desarrollo del análisis comparativo del anteproyecto "Enlace 500kV Colectora – Bicentenario – Chilca, Ampliaciones y Subestaciones Asociadas" debido a la reducción de longitud a 82 km de la línea en 500 kV Poroma -

Colectora, se ha utilizado la misma base de datos del Power Factory Digsilent del anteproyecto en trámite del Plan de Transmisión 2023-2032.

Operación Normal 2

▪ En la condición de operación normal, sin considerar y considerando el anteproyecto para el caso base y adicional en las tres configuraciones 0, 1 y 2, se observa que en las condiciones hidrológicas de avenida y estiaje en todos los escenarios de operación para los años 2028 y 2030, el perfil de tensiones en las barras se encuentra dentro de los límites permisibles cumpliendo con los criterios en operación normal, asimismo no hay sobrecarga en ninguna de las líneas de transmisión ni en los transformadores incluyendo el transformador del SVC de las subestaciones Socabaya y San José, cumpliendo satisfactoriamente con los criterios de operación normal.

▪ A excepción de las barras de las subestaciones Cotaruse 220 kV, Ventanilla 220 kV y La Planicie 500 kV que tienen tensiones entre 0.95 a 0.97 pu (inferior al límite 0.975 pu) tanto en la condición de sin anteproyecto y con anteproyecto, así como la barra de Huancavelica 220 kV que tiene una tensión de 1.03 pu (superior al límite 1.025 pu) tanto en la condición de sin proyecto y con proyecto, de donde se evidencia que tales subtensiones y sobretensiones no son atribuibles al anteproyecto, ni a las configuraciones analizadas.

Operación Contingencia 2

▪ En la condición de operación en contingencias, sin considerar y considerando el anteproyecto para el caso base y adicional en las tres configuraciones 0, 1 y 2, se observa que en las condiciones hidrológicas de avenida y estiaje en todos los escenarios de operación para los años 2028 y 2030, el perfil de tensiones en las barras se encuentra dentro de los límites permisibles cumpliendo con los criterios en operación normal, asimismo no hay sobrecarga en ninguna de las líneas de transmisión ni en los transformadores incluyendo el transformador del SVC de las subestaciones Socabaya y San José, cumpliendo satisfactoriamente con los criterios de operación en contingencias.

Análisis comparativo Anteproyecto Subestación "Hub" Poroma 2

▪ Los resultados de flujo de potencia en operación normal y contingencias son similares en las 3 configuraciones, ya que los niveles de cargabilidad en los autotransformadores y líneas son idénticos o con resultados con variaciones mínimas, debido a que las configuraciones son eléctricamente equivalentes.

2

Análisis comparativo Sensibilidad Anteproyecto LT Chilca-Bicentenario-Colectora

▪ Los resultados de flujo de potencia en operación normal y contingencias para el anteproyecto LT Chilca – Bicentenario – Colectora debido a la reducción de longitud a 82 km de la línea en 500 kV Poroma – Colectora, son similares en las 3 configuraciones, ya que los niveles de cargabilidad en los autotransformadores y líneas son idénticos o con resultados con variaciones mínimas, debido a que las configuraciones son eléctricamente equivalentes.

3.2. Transitorios Electromagnéticos 2

Los análisis de Transitorios Electromagnéticos y sus correspondientes anexos se encuentran en las siguientes carpetas:

- Vol III EstElectr-Parte B : Fase 1
- Vol III EstElectr-Parte B-1 : Fase 2

3.2.1. Conclusiones de la Fase 1

3.2.1.1. Estudio de Recierre Monofásico

Los resultados calculados muestran que para un reactor de neutro sintonizado (892 Ω con un factor de calidad de 400) no se debe tener problemas de fenómeno de arco secundario, debido a que, con este valor se obtiene teóricamente una corriente de arco secundario y tensión de restablecimiento de 0.

Adicionalmente se tiene que para valores de reactor de neutro entre 500 Ω y 2200 Ω se va a tener valores aceptables de tensión inducida en la fase abierta (< 80 kV pico) y de corriente de arco secundario (< 40 A pico).
Se recomienda elegir un valor de reactor de neutro alrededor del valor sintonizado.

3.2.1.2. Energización de Líneas

De los resultados de maniobras de energización de línea se tiene que al energizar desde el extremo Poroma, los mayores valores de sobretensión estadísticos registrados son:

- Sobretensión fase – tierra de 2.0486 pu que corresponde a 836.33 kV pico.
- Sobretensión fase – fase de 1.6977 pu que correspondiente a 1200.47 kV pico.

Adicionalmente la máxima energía en los descargadores de sobretensión que se obtiene de las 200 simulaciones estadísticas es de 21.917 kJ que representa aproximadamente el

0.32 % de la capacidad del descargador, lo cual indica muy baja disipación de energía y disipación por pérdidas de fuga y la no actuación de los descargadores.

3.2.1.3. Verificación de Tensiones de Restablecimiento (TRV)

Las maniobras de aperturas ante fallas terminales, 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 para interruptores de 550 kV.

Las maniobras de aperturas ante fallas kilométricas, se tiene que el interruptor en el extremo Poroma de la LT Hub Poroma – Colectora 500 kV presentan tensiones de restablecimiento dentro de límites establecidos por la norma IEC 62271-100 para interruptores de 550 kV. El interruptor en el extremo Colectora muestra que el análisis en la fase B muestra sobretensiones fuera del límite, cabe indicar que la corriente de falla monofásica es aproximadamente 0.55 kA que viene a ser una corriente menor al 10% de la capacidad de corte del interruptor (40 kA) por lo que la curva T10 debería cubrir la sobretensión generada, por tanto, el fabricante deberá garantizar que para una corriente de cortocircuito monofásica menor a 4 kA la sobretensión que se genera por la apertura del interruptor se pueda cubrir con la curva T10 de la norma IEC.

3.2.2. Conclusiones de la Fase 2

Se determino mediante simulaciones que las configuraciones evaluadas son técnicamente factibles y cumplen con los criterios de desempeño del Procedimiento N° 20 del COES. En tal sentido, el proyecto de Hub de Poroma mantendrá los equipos asociados a Configuración 1: Línea de transmisión 500 kV Poroma – Colectora de 82 km de longitud, reactor de línea de 90 MVAr y su correspondiente reactor de neutro de 892 Ohm.
El reactor de neutro tendrá taps ajustables para cubrir el grado de sintonía optimo y sus posibles variaciones en la construcción de la línea de transmisión que puedan afectar la sintonía.

A continuación, se detallarán los resultados más relevantes obtenidos en el estudio:

3.2.2.1. Modelo computacional

- A fin de obtener resultados que sean comparables con los resultados obtenidos en el Anteproyecto del PT 2023-2032, en las evaluaciones del presente estudio se ha utilizado la misma base de datos EMTP ATP/Draw con el cual se desarrolló el Anteproyecto aprobado por el COES, tal cual ha sido desarrollada.

3.2.2.2. Verificación de extinción de arco secundario

2

- Las configuraciones evaluadas cumplen con los criterios propuestos por el COES según el PR-20.
- Con la configuración 1 (línea de 93.7 km, reactor de línea de 90 MVAr y 892 Ω de reactor de neutro) se obtienen corrientes de arco secundario de hasta 3 A y TRV de hasta 9.1 kV. El RRRV máximo es 1.9 kV/us.
- Con la configuración 2 (línea de 82 km, reactor de línea de 80 MVAr y 980 Ω de reactor de neutro) se obtienen corrientes de arco secundario de hasta 0.15 A y TRV de hasta 0.4 kV. El RRRV máximo es 0.1 kV/us.

3.2.2.3. Recierre monofásico sin falla

2

- Las sobretensiones calculadas están cubiertas por el nivel de aislamiento seleccionado (1550 kV).
- En la configuración 1 (línea de 93.7 km, reactor de línea de 90 MVAr y 892 Ω de reactor de neutro) se obtienen sobretensiones al 98% en SE Poroma de 1.22 p.u. y en SE Colectora de 2.10 p.u. Asimismo, los descargadores disipan hasta 3.3 kJ (0.1% de su capacidad nominal)
- En la configuración 2 (línea de 82 km, reactor de línea de 80 MVAr y 980 Ω de reactor de neutro) se obtienen sobretensiones al 98% en SE Poroma de 1.23 p.u. y en SE Colectora de 1.27 p.u. Asimismo, los descargadores disipan hasta 0.12 kJ (0.002% de su capacidad nominal)

3.2.2.4. Energización de línea de transmisión

2

- Las sobretensiones calculadas están cubiertas por el nivel de aislamiento seleccionado (1550 kV).
- En la configuración 1, se obtienen sobretensiones al 98% en SE Poroma de 1.21 p.u. y en SE Colectora de 2.04 p.u. Asimismo, los descargadores disipan hasta 16.7 kJ (0.24% de su capacidad nominal).
- En la configuración 2, se obtienen sobretensiones al 98% en SE Poroma de 1.22 p.u. y en SE Colectora de 2.05 p.u. Asimismo, los descargadores disipan hasta 21.6 kJ (0.32% de su capacidad nominal).

3.2.2.5. Verificación de tensiones de restablecimiento (TRV) 2

- Para las configuraciones evaluadas se evidencia que los interruptores seleccionados para la línea de transmisión y autotransformador cumplen con las recomendaciones de la IEC 62271-100.
- En la configuración 1, el máximo TRV calculado es 872 kV (Caso 9) y el máximo RRRV calculado es 4.7 kV/us.
- En la configuración 2, el máximo TRV calculado es 874 kV (Caso 9) y el máximo RRRV calculado es 4.9 kV/us.

3.2.2.6. Análisis comparativo 2

- En términos generales, las configuraciones 1 y 2 son eléctricamente equivalentes. En los resultados no se observan variaciones que sean significativas, que pueda indicar si alguna configuración es mejor, debido a que ambas cumplen con las especificaciones del PR-20.
- Respecto a los resultados de la verificación de la extinción de arco secundario, en la configuración del Anteproyecto no se realizaron evaluaciones para validar los cálculos. En el análisis correspondiente a las configuraciones 1 y 2, indican que las corrientes de arco secundario, TRV y RRRV en el punto de falla cumplen con el PR-20.
- Respecto a los resultados de energización de líneas de transmisión, la configuración del Anteproyecto y las configuraciones 1 y 2 presentan sobretensiones alrededor del 2.0 p.u. y una energía liberada por el descargador que varía entre 17 a 22 kJ (menor al 1% de su capacidad).
- Respecto a los resultados de tensión de restablecimiento (TRV), la configuración del Anteproyecto y las configuraciones 1 y 2 cumplen con las recomendaciones de la IEC 62271- 100. Para los casos críticos, en la configuración del Anteproyecto se encontró un TRV de 892 kV, respecto a los 872 kV de la configuración 1 y los 874 kV de la configuración 2. Sin embargo, el máximo RRRV calculado en el anteproyecto fue de 3.7 kV/us, respecto a los 4.7 kV/us calculados con la configuración 1 y los 4.9 kV/us con la configuración 2.

4.0 PRESUPUESTO ESTIMADO

Cuadro N° 1

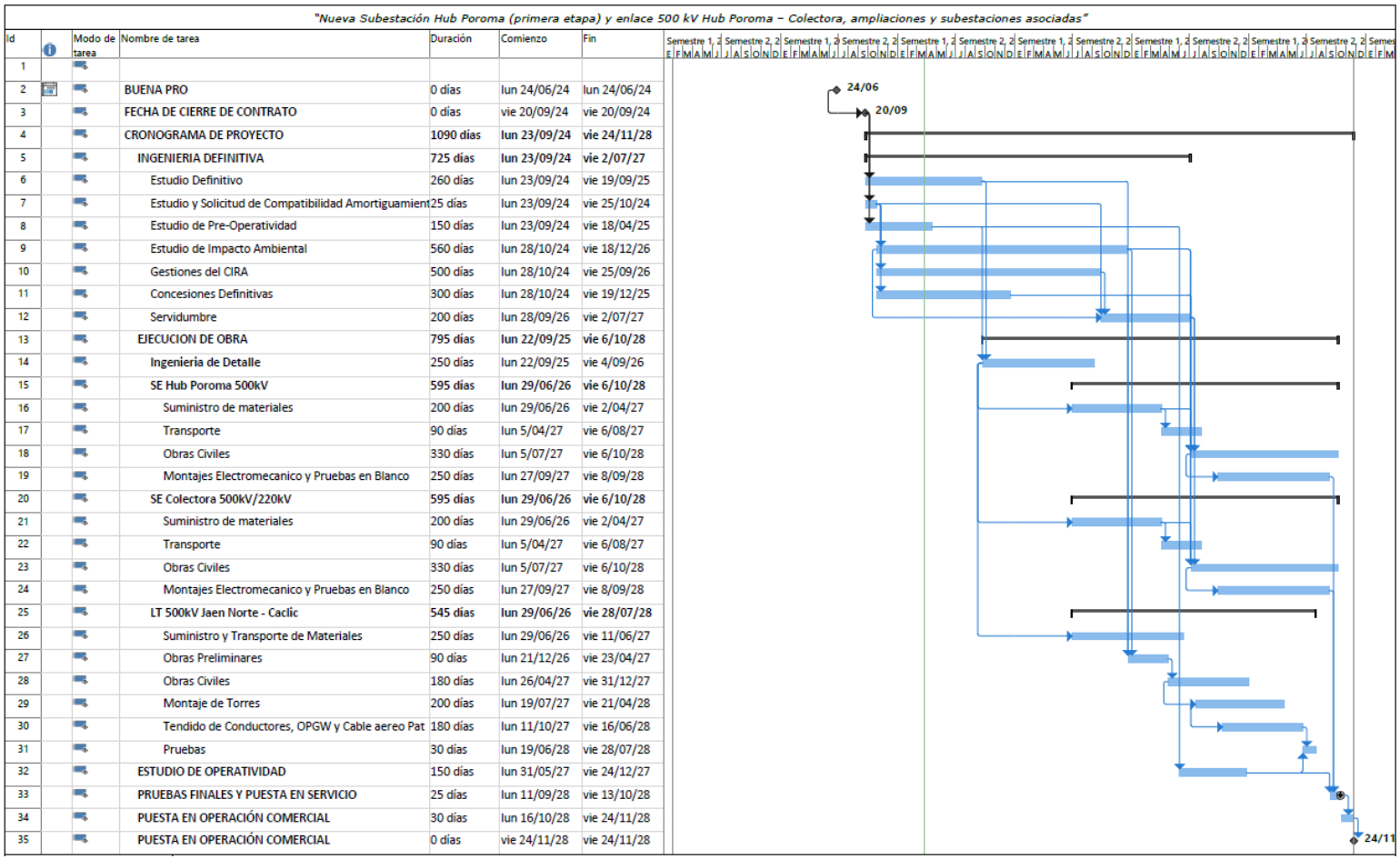
ANTEPROYECTO TRONCAL: "SUBESTACION "HUB" POROMA (1ERA. ETAPA) Y ENLACE 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA, AMPLIACIONES Y SUBESTACIONES ASOCIADAS"

SEs - SE1 NVA. S.E. "HUB" POROMA 500 kV, SE2 NVA. S.E. COLECTORA 500/220 kV
LTs: LT 500 kV "HUB" POROMA - COLECTORA
TELECOMCD S.E. "HUB" POROMA - CD S.E. COLECTORA
COSTO TOTAL DEL PROYECTO

ITEM	DESCRIPCION		COSTO REFERENCIAL (USD$)
1.0	**COSTOS TOTALES**		
1.1	Suministro (S)		34,820,288.25
1.2	Transporte suministros (TS)		261,153.51
1.3	Montaje (M)		15,258,673.06
1.4	Obras Civiles (OC)		29,691,314.85
1.5	Diseño y Estudios (DyE) ** DyE= (S+TS+M+OC)x	7.77%	6,217,489.47
2.0	**COSTO DIRECTO**		**86,248,919.14**
2.1	**Gastos y Utilidades (GG y U) ** GG y U= (M+OC+DyE)x**	10.63%	9,171,881.54
3.0	**COSTO INDIRECTO**		**2,078,059.38**
	Costo Indirecto: Supervisión, gastos servidumbre, gastos financieros, gastos administrativos	***	
4.0	SUBTOTAL (SUB= CD + GG y U+Costo indirecto)		**97,498,860.06**
4.1	GERENCIAMIENTO (GER=9% SUBTOTAL)		8,774,897.41
5.0	**COSTO TOTAL**		**106,273,757.47**
**	Porcentajes obtenidos por suma de los valores indicados en los módulos de inversión de OSINERGMIN.		
***	Valores obtenidos en los módulos de inversión de OSINERGMIN.		

5.0 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

3



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1					
2		BUENA PRO	0 días	lun 24/06/24	lun 24/06/24
3		FECHA DE CIERRE DE CONTRATO	0 días	vie 20/09/24	vie 20/09/24
4		CRONOGRAMA DE PROYECTO	1090 días	lun 23/09/24	vie 24/11/28
5		INGENIERIA DEFINITIVA	725 días	lun 23/09/24	vie 2/07/27
6		Estudio Definitivo	260 días	lun 23/09/24	vie 19/09/25
7		Estudio y Solicitud de Compatibilidad Amortiguamient	25 días	lun 23/09/24	vie 25/10/24
8		Estudio de Pre-Operatividad	150 días	lun 23/09/24	vie 18/04/25
9		Estudio de Impacto Ambiental	560 días	lun 28/10/24	vie 18/12/26
10		Gestiones del CIRA	500 días	lun 28/10/24	vie 25/09/26
11		Concesiones Definitivas	300 días	lun 28/10/24	vie 19/12/25
12		Servidumbre	200 días	lun 28/09/26	vie 2/07/27
13		EJECUCION DE OBRA	795 días	lun 22/09/25	vie 6/10/28
14		Ingenieria de Detalle	250 días	lun 22/09/25	vie 4/09/26
15		SE Hub Poroma 500kV	595 días	lun 29/06/26	vie 6/10/28
16		Suministro de materiales	200 días	lun 29/06/26	vie 2/04/27
17		Transporte	90 días	lun 5/04/27	vie 6/08/27
18		Obras Civiles	330 días	lun 5/07/27	vie 6/10/28
19		Montajes Electromecanico y Pruebas en Blanco	250 días	lun 27/09/27	vie 8/09/28
20		SE Colectora 500kV/220kV	595 días	lun 29/06/26	vie 6/10/28
21		Suministro de materiales	200 días	lun 29/06/26	vie 2/04/27
22		Transporte	90 días	lun 5/04/27	vie 6/08/27
23		Obras Civiles	330 días	lun 5/07/27	vie 6/10/28
24		Montajes Electromecanico y Pruebas en Blanco	250 días	lun 27/09/27	vie 8/09/28
25		LT 500kV Jaen Norte - Caclic	545 días	lun 29/06/26	vie 28/07/28
26		Suministro y Transporte de Materiales	250 días	lun 29/06/26	vie 11/06/27
27		Obras Preliminares	90 días	lun 21/12/26	vie 23/04/27
28		Obras Civiles	180 días	lun 26/04/27	vie 31/12/27
29		Montaje de Torres	200 días	lun 19/07/27	vie 21/04/28
30		Tendido de Conductores, OPGW y Cable aereo Pat	180 días	lun 11/10/27	vie 16/06/28
31		Pruebas	30 días	lun 19/06/28	vie 28/07/28
32		ESTUDIO DE OPERATIVIDAD	150 días	lun 31/05/27	vie 24/12/27
33		PRUEBAS FINALES Y PUESTA EN SERVICIO	25 días	lun 11/09/28	vie 13/10/28
34		PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL	30 días	lun 16/10/28	vie 24/11/28
35		PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL	0 días	vie 24/11/28	vie 24/11/28

6.0 PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL PROYECTO.

En el Anexo 1 se adjuntan los diagramas unifilares, así como el plano de arreglo - planta de las subestaciones Hub Poroma 500 kV y Colectora 500/220 kV, según la siguiente relación:

Item	Código	Descripción	Hojas
Línea de Transmisión 500 kV Colectora - Hub Poroma			
1	9809-LT-002	Trazo General de Ruta - Vista en Google Earth	1
Subestación Colectora 500/220 kV			
2	9814-SE-EM-001	Diagrama Unifilar General.	2
3	9814-SE-EM-002	Diagrama Unifilar de Protección, Control y Medición.	4
4	9814-SE-EM-003	Arreglo General - Planta.	1
Subestación Hub Poroma 500 kV			
5	9814-SE-EM-101	Diagrama Unifilar General.	2
6	9814-SE-EM-102	Diagrama Unifilar de Protección, Control y Medición.	2
7	9814-SE-EM-103	Arreglo General - Planta.	1

ANEXO Nº 1

PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES DEL PROYECTO