

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1. Datos generales del proyecto

#### 2.1.1. Nombre del proyecto

*Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental de la Subestación Eléctrica Combapata*

#### 2.1.2. Tipo de proyecto a realizar

Nuevo ( ) Ampliación (X)

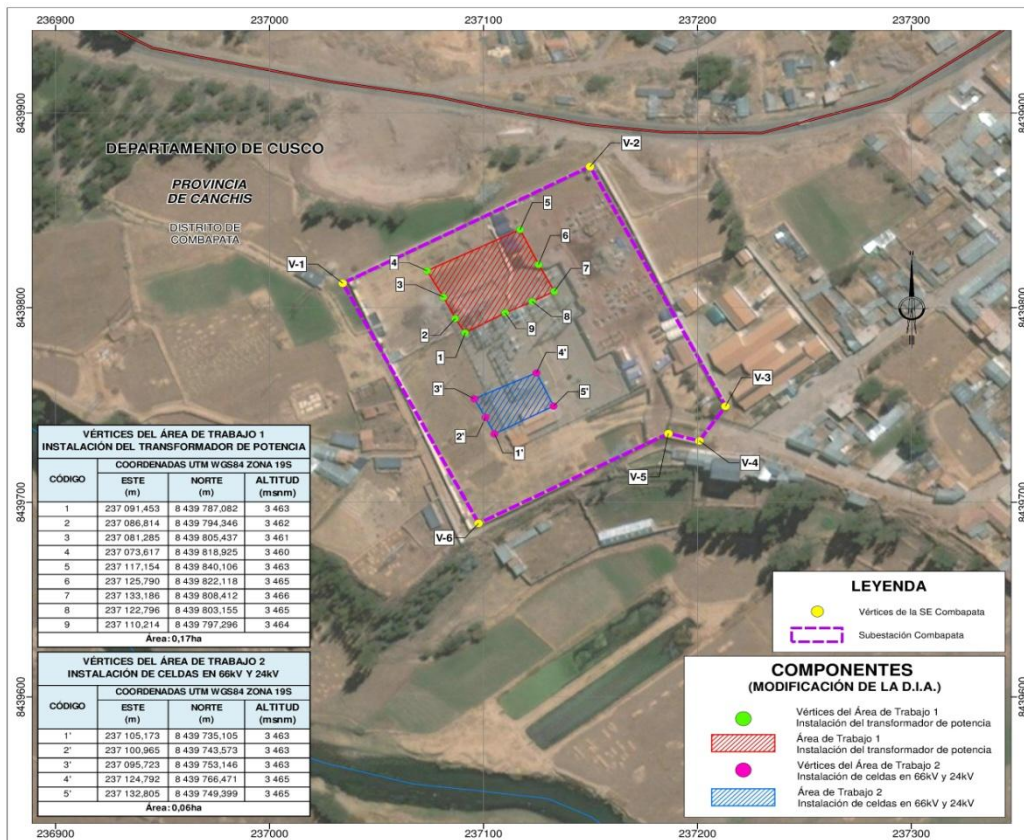
#### 2.1.3. Monto estimado de la inversión

USD 4 399 730.52 (sin IGV)

#### 2.1.4. Ubicación física del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado al interior de la Subestación Eléctrica Combapata, la cual se encuentra ubicada en la Calle 27 Noviembre S/N, en el distrito de Combapata, provincia de Canchis, departamento de Cusco. El proyecto se sitúa en la Sierra Sur del Perú, aproximadamente a una altitud de 3525 m.s.n.m. Ver anexo 6 Mapa de ubicación y división política CSL-184900-1-GN-01.

Imagen 2.1.4-1 Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

Como se observa en la imagen 2.1.4.1, los trabajos que incluyen la presente Modificación de la DIA se ejecutarán al interior de la S.E. Combapata. Las coordenadas del polígono que forma la S.E Combapata se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.1.4-1 Coordenadas de la Subestación Eléctrica Combapata**

| Código               | Coordenadas UTM Datum WGS84 - Zona 19S |               |                |
|----------------------|----------------------------------------|---------------|----------------|
|                      | Este (m)                               | Norte (m)     | Altitud (msnm) |
| V-1                  | 237,034.276                            | 8,439,812.507 | 3,457          |
| V-2                  | 237,149.819                            | 8,439,872.471 | 3,464          |
| V-3                  | 237,213.174                            | 8,439,749.395 | 3,471          |
| V-4                  | 237,200.887                            | 8,439,731.537 | 3,471          |
| V-5                  | 237,186.410                            | 8,439,735.318 | 3,469          |
| V-6                  | 237,097.730                            | 8,439,689.133 | 3,464          |
| <b>Área: 1.82 ha</b> |                                        |               |                |

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Ampliación de las actividades en la Subestación Combapata y Variantes en las Líneas de Transmisión L-1005A y L-1005B" (2016).

#### 2.1.5. Distritos

El proyecto se ubica en el distrito de Combapata.

#### 2.1.6. Provincias

El proyecto se ubica en la provincia de Canchis.

#### 2.1.7. Departamentos

El proyecto se ubica en el departamento de Cusco.

#### 2.1.8. Zonificación

La capacidad de uso mayor de tierras de dicho departamento se realizó mediante información secundaria a nivel reconocimiento usando la información de la *Zonificación Ecológica y Económica ZEE del departamento de Cusco* – Aprobado con Ordenanza regional N° 063-2009-CR-GRC.Cusco, así como estudios realizados por el INRENA como "La base de datos por el Instituto Nacional de Recursos Naturales" del departamento de Cusco del año 2005.

En el área de influencia del proyecto se han identificado un grupo de uso mayor que son las tierras aptas para cultivos en limpio que ocupan la mayor parte de la superficie, y un porcentaje menor que son las tierras de protección, tal como se puede observar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.1.8-1 Características de uso mayor de tierras**

| Clase               | Descripción                           | Subclase | Superficie   |               |
|---------------------|---------------------------------------|----------|--------------|---------------|
|                     |                                       |          | ha           | %             |
| A                   | Tierras aptas para cultivos en limpio | A3s      | 8.49         | 45.48         |
| X                   | Tierras de protección                 | X*       | 9.62         | 51.52         |
| <b>Otras áreas</b>  |                                       |          |              |               |
| <b>Lecho de río</b> |                                       | LR       | 0.56         | 3.00          |
| <b>TOTAL</b>        |                                       |          | <b>18.67</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

\*Zonas urbanas.

### 2.1.9. Superficie total y cubierta

En el cuadro 2.1.9-1 se presenta las áreas de trabajo para la instalación del transformador de potencia y celdas de conexión para la presente Modificación. Es importante resaltar que los trabajos se ejecutarán al interior de la S.E. Combapata.

**Cuadro 2.1.9-1 Áreas de trabajo**

| Nº                               | Descripción                                        | ha          |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|
| 1                                | Área 1 – Instalación del transformador de potencia | 0.17        |
| 2                                | Área 2 – Instalación de celdas en 66 kV y 24 kV    | 0.06        |
| <b>Total Área de trabajo</b>     |                                                    | <b>0.23</b> |
| <b>Área de la S.E. Combapata</b> |                                                    | <b>1.82</b> |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

### 2.1.10. Tiempo de vida útil del proyecto

La vida útil del Proyecto será de 30 años, y se encontrará supeditado a la renovación de la concesión por parte de REP, o cuando el concedente (Estado Peruano) lo considere necesario.

### 2.1.11. Situación legal del predio

El predio, que pertenece al Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo a la partida Nº 11000077, fue otorgado en el año 2002 en concesión a REP mediante la R.S. Nº 053-2002-EM. *En el anexo 2.1 se adjunta la partida del predio en el que se ubica la S.E. Combapata.*

## 2.2. Objetivo del proyecto

- La implementación de un transformador de 30/20/20 MVA (ONAF) con características similares al transformador existente más sus celdas de conexión, cuatro (04) celdas de conexión en 66 kV y tres (03) celdas en 24 kV en la S.E. Combapata.

## 2.3. Justificación del proyecto

Red de Energía del Perú (REP) en cumplimiento de su Contrato de Concesión de los Sistemas de Transmisión ETECEN-ETESUR, tiene previsto en el “Plan de Expansión del

Sistema de Transmisión de REP 2017-2026”. El plan de Expansión contiene entre otros, los proyectos de ampliación de capacidad que requiere el sistema de transmisión a corto plazo.

El Plan de Expansión contiene, entre otros, la implementación de un transformador de 30/20/20 MVA (ONAF) con características similares al transformador existente más sus celdas de conexión, cuatro (04) celdas de conexión en 66 kV y tres (03) celdas en 24 kV en la S.E. Combapata, con la finalidad de mejorar la confiabilidad del servicio en la S.E. Combapata, atender oportunamente el crecimiento de la demanda y las necesidades del sistema.

Por lo tanto, de acuerdo al análisis de la condición operativa de la subestación, se puede notar que el transformador de la subestación Combapata (15 MVA) sobrepasará en el corto plazo su nivel máximo de cargabilidad en operación normal. Esto hace necesaria la instalación del nuevo transformador de potencia de 30 MVA en el corto plazo, de tal manera que se logre disminuir el nivel de carga del transformador existente (estabilización de cargas), obteniendo como resultado, una mejora en la calidad del servicio y disminución del riesgo de ocasionar cortes en el suministro de energía en la zona.

## **2.4. Descripción del proyecto**

### **2.4.1. Situación actual de la S.E. Combapata**

Actualmente, la subestación Combapata cuenta con un patio de llaves el cual está conformado por tres niveles de tensión en 138 kV, 66 kV y 24 kV.

Las instalaciones de la subestación Combapata 138/66/24 kV consta principalmente de lo siguiente:

#### **2.4.1.1. Celdas 138 kV – Configuración simple barra en “T”**

- Celda de línea L-1005 hacia S.E. Quencoro.
- Celda de línea L-1005 hacia S.E. Tintaya.
- Barra en 138 kV
- Celda de transformación.
- Transformador de potencia 138/66/24 kV – 15/7/8 MVA (T46-162).

**Fotografía 2.4.1.1-1 Celda de línea L-1005 (S.E. Quencoro)**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.1-2 Celda de línea L-1005 (S.E. Tintaya)**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.1-3 Barra en 138 kV**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.1-4 Celda de transformación 138 kV**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**2.4.1.2. Celdas 66 kV – Configuración simple barra**

- Celda de transformación.
- Barra en 66 kV
- Celda de salida L-0630 hacia Sicuani.
- Celda de salida.

**Fotografía 2.4.1.2-1 Celda de llegada 66 kV (desde transformador T46-162)**

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.2-2 Celda de línea L-0630 (Hacia Sicuani)**

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**2.4.1.3. Celdas 24 kV – Configuración simple**

- Celda de salida a Transformador de SS.AA (50 kVA - 24/0,38-0,22 kV).
- Celda de llegada desde transformador de potencia T46-162 (IN-1362).
- Celda de salida a Transformador Zig-Zag (240 kVA).
- Celda de salida CL-0230 hacia Combapata.
- Celda de salida CL-0231 hacia Ttio.
- Celda de salida CL-0232 hacia Accha.
- Celda de salida CL-0233 hacia Chamaca.
- Celda de salida CL-0234 hacia Chara.

**Fotografía 2.4.1.3-1 Celda de salida hacia transformador de SS.AA**

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.3-2 Celda de Llegada desde Transformador de Potencia T46-162**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.3-3 Celda de salida hacia transformador Zig-Zag**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.3-4 Celda de salida CL-0230 hacia Combapata**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.3-5 Celda de salida CL-0231 hacia Ttio**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Fotografía 2.4.1.3-6 Celda de salida CL-0233 hacia Chamaca**

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

#### **2.4.2. Instalación del transformador 30/20/20 MVA – 138/66/24 kV y Celdas en 66 kV y 24 kV**

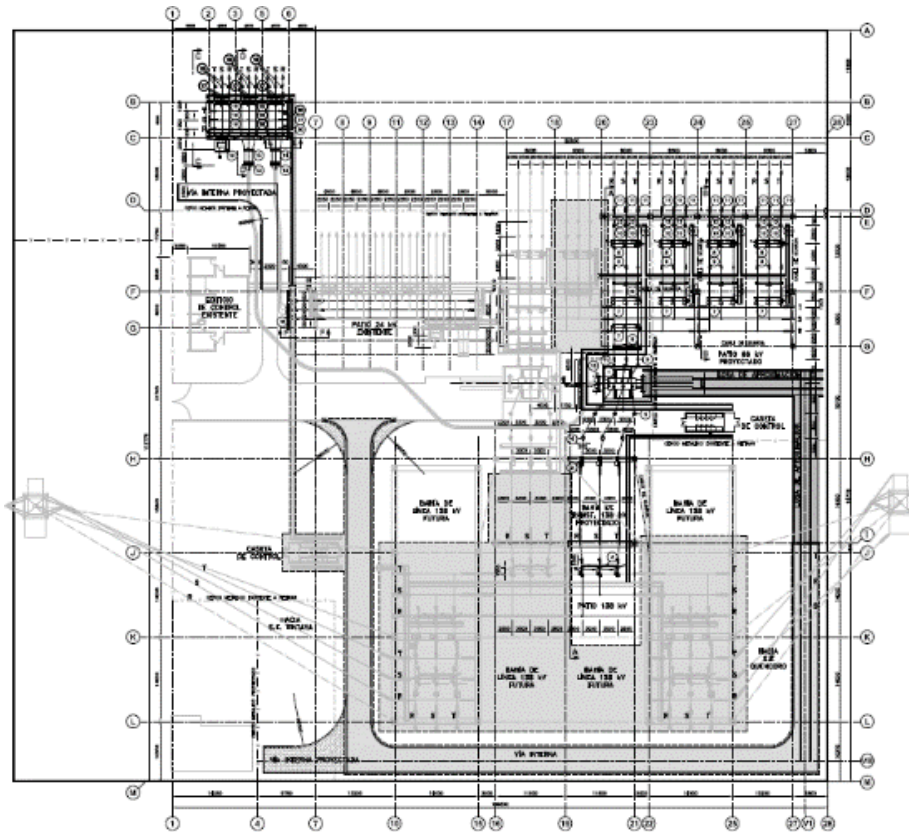
El proyecto contempla la implementación de un transformador de 30/20/20 MVA (ONAF) - 138/66/24 kV, más sus celdas de conexión, cuatro (04) celdas de salida en 66 kV y tres (03) celdas de salida en 24 kV.

En 66 kV, se plantea ampliar la barra hasta completar las cuatro (04) celdas requeridas, para ello se utilizará el área de la subestación adyacente a las bahías de 66 kV; asimismo se considera una disposición de los equipos de forma convencional, es decir todos los equipos tendrán fundaciones.

En 24 kV, se plantea implementar un nuevo patio de llaves en donde tendrán lugar las nuevas celdas de salida utilizando el espacio disponible en la parte superior del edificio de control existente; para ello es necesario retirar el cerco metálico existente.

El nuevo patio de 24 kV, tendrá una celda de llegada desde el transformador de potencia proyectado y una celda para la acople, para la conexión con el patio de 24 kV existente, ambos mediante cables enterrados; como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 2.4.2-1 Arreglo electromecánico**



Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

Las coordenadas de los polígonos de las áreas donde se realizarán los trabajos para la presente Modificación se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.4.2-1 Coordenadas de las áreas de trabajo**

| Áreas de trabajo para la Modificación de la DIA           |                                           |               |                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|-------------------|
| Código                                                    | Coordenadas UTM<br>Datum WGS84 - Zona 19S |               |                   |
|                                                           | Este (m)                                  | Norte (m)     | Altitud (m.s.n.m) |
| <b>Área 1 – Instalación del transformador de potencia</b> |                                           |               |                   |
| 1                                                         | 237,091.453                               | 8,439,787.082 | 3,463             |
| 2                                                         | 237,086.814                               | 8,439,794.346 | 3,462             |
| 3                                                         | 237,081.285                               | 8,439,805.437 | 3,461             |
| 4                                                         | 237,073.617                               | 8,439,818.925 | 3,460             |
| 5                                                         | 237,117.154                               | 8,439,840.106 | 3,463             |
| 6                                                         | 237,125.790                               | 8,439,822.118 | 3,465             |
| 7                                                         | 237,133.186                               | 8,439,808.412 | 3,466             |
| 8                                                         | 237,122.796                               | 8,439,803.155 | 3,465             |
| 9                                                         | 237,110.214                               | 8,439,797.296 | 3,464             |
| <b>Área: 0.17 ha</b>                                      |                                           |               |                   |
| <b>Área 2 – Instalación de celdas en 66 kV y 24 Kv</b>    |                                           |               |                   |
| 1'                                                        | 237,105.173                               | 8,439,735.105 | 3,463             |
| 2'                                                        | 237,100.965                               | 8,439,743.573 | 3,463             |
| 3'                                                        | 237,095.723                               | 8,439,753.146 | 3,463             |

| Áreas de trabajo para la Modificación de la DIA |                                           |               |                   |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|-------------------|
| Código                                          | Coordenadas UTM<br>Datum WGS84 - Zona 19S |               |                   |
|                                                 | Este (m)                                  | Norte (m)     | Altitud (m.s.n.m) |
| 4'                                              | 237,124.792                               | 8,439,766.471 | 3,465             |
| 5'                                              | 237,132.805                               | 8,439,749.399 | 3,465             |
| Área: 0.06 ha                                   |                                           |               |                   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

### 2.4.2.1. Características técnicas del proyecto

#### A. Transformador de potencia

El transformador de potencia será trifásico, para servicio exterior, inmerso en aceite, con cambiador de tomas bajo carga en el lado primario y transformadores de corriente en lado terciario, dispondrán de un colector de aceite, el mismo que será canalizado hacia un foso debajo del transformador de potencia. La capacidad del foso será el equivalente al volumen de aceite del transformador y siguiendo las recomendaciones del estándar IEC 61936-1 y IEEE Std 980- 1994 (R2001). *Las características químicas del aceite dieléctrico se presentan en el anexo 2.2.*

**Cuadro 2.4.2.1-1 Características generales del transformador**

| Descripción                                   | Requerido                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relación de transformación                    | 138(±10x1%)/66/24 kV                                                                                                                                            |
| Potencia nominal                              | 30-20-20 MVA (ONAF)                                                                                                                                             |
| Regulación de tensión                         | Bajo carga lado primario                                                                                                                                        |
| Grupo de conexión                             | YNyn0d11                                                                                                                                                        |
| Transformadores de corriente – lado terciario | 300-600/1/1/1 A <ul style="list-style-type: none"> <li>Núcleo 1: 30 VA, Cl. 02</li> <li>Núcleo 2: 30 VA, Cl. 5P20</li> <li>Núcleo 3: 30 VA, Cl. 5P20</li> </ul> |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Cuadro 2.4.2.1-2 Niveles de aislamiento seleccionados**

| Descripción                        | Tensión Normalizada a Impulso Tipo Rayo |
|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Devanado de Alta Tensión (138 kV)  | 750 kVp                                 |
| Devanado de Alta Tensión 1 (66 kV) | 450 kVp                                 |
| Devanado de Alta Tensión 2 (24 kV) | 145 kVp                                 |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

Los servicios auxiliares del transformador serán:

- Control en DC: 110 Vcc.
- Fuerza y auxiliares en A.C.: 380-220 Vac.

#### a. Sistema de control contra incendios

El sistema de control de incendios a ser considerado en el patio de transformadores será mediante la separación de equipos, barreras contra fuegos y poza de retención de aceite según lo indicado en el CNE Regla 152.A.2, y en la IEC 61936-1 "ítem 8.7.2" así como lo indicado en la NFPA 850.

La separación de espacios entre transformadores, muros cortafuegos y edificaciones dependerá de la cantidad de aceite y dimensiones del transformador, así como el material de las edificaciones adyacentes, según lo establecido en las tablas y recomendaciones de la NFPA 850 y IEC 61936-1, este conjunto de consideraciones es denominado Sistema de Protección Pasivo.

**b. Nivel de ruido permitido**

Conforme a lo indicado en IEC60076 -10 y NEMA TR1

Nivel de ruido a 60 Hz: <78 dB

**B. Interruptor 138 kV**

En el nivel de 138 kV se empleará un interruptor tripolar del tipo “tanque vivo”, para servicio exterior, con cámara de extinción del arco en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), equipado con mando y mecanismo de resortes apropiado para accionamiento local y remoto.

**a. Características de operación**

**Cuadro 2.4.2.1-3 Características de interruptor de potencia 138 kV**

| Descripción                                                  | Tensión Normalizada a Impulso Tipo Rayo |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Norma                                                        | IEC 62271-100                           |
| Medio de extinción de arco                                   | SF <sub>6</sub>                         |
| Tensión máxima de operación                                  | 170 kV                                  |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo a nivel de instalación | 750 kVp                                 |
| Corriente asignada en servicio continuo                      | 800 A                                   |
| Poder de corte asignado en cortocircuito                     | 40 kA                                   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**b. Normas de aplicación**

En particular para los interruptores de potencia las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-100: High-voltage Alternating Current Circuit Breakers.
- IEC 60376: Specification and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride.
- IEC 62271-101: High-voltage switchgear and controlgear - Part 101: Synthetic testing.
- IEC 62271-110: High-voltage switchgear and controlgear - Part 110: Inductive load switching.

**C. Seccionadores tripolares sin cuchilla de puesta a tierra de 138 kV**

El seccionador será tripolar, diseñados para soportar una corriente nominal de 1250 A. El mecanismo de apertura y cierre de los seccionadores serán del tipo doble apertura, con motor de mecanismo para operación de apertura y cierre, también permitirá el accionamiento manual en caso de falla del sistema motorizado, podrá ser accionado local o remotamente (mando a distancia) para lo cual estará provisto de bobinas electromagnéticas de cierre y apertura. No es aceptable apertura vertical con desconexión central. Las columnas de soporte serán de porcelana.

**a. Características de operación**

Tensión nominal 138 kV, 170 kV Máximo, BIL 750 kVp, 1250 A, 31,5 kA Icc, tk= 1 s.

El seccionador tendrá comando local (a pie de equipo), mando a distancia y comando remoto desde la interface hombre – máquina y desde el centro de control.

Todos los contactos para control, señalización y alarmas del seccionador se cablearán hasta la caseta de Control.

**b. Normas de aplicación**

En particular para estos equipos las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-102: Alternating current disconnecter (isolator) and earthing switches.
- IEC 62271-103: High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV.
- IEC 62271-1: High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications.

**D. Transformador de corriente 138 kV**

**a. Características de operación**

Los transformadores de corriente 138 kV a emplearse en la bahía de transformación tendrán las siguientes características:

**Cuadro 2.4.2.1-4 Características de operación**

|                                                           |                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión máxima de operación                               | 170 kV                                                                                                                                                 |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo                     | 750 kV                                                                                                                                                 |
| Relación de transformación                                | 100 – 150/1/1/1 A                                                                                                                                      |
| Potencias y clase de precisión, en devanados de corriente | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Núcleo 1: 30 VA, Cl. 0.2</li> <li>- Núcleo 2: 30 VA, Cl. 5P20</li> <li>- Núcleo 3: 30 VA, Cl. 5P20</li> </ul> |
| Corriente límite térmica (I <sub>ter</sub> )              | 40 kA                                                                                                                                                  |
| Duración del cortocircuito asignada (tk)                  | 1 seg                                                                                                                                                  |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**b. Normas de aplicación**

- IEC 61869: Instrument Transformers.
- IEC 61869-1: Instrument transformers - Part 1: General requirements.

**E. Pararrayos 138 kV**

Se instalarán pararrayos a la salida del lado primario 138 kV del transformador 138/66/24 kV.

**a. Características de operación**

Para el nivel de 138 kV se utilizarán pararrayos del tipo óxido de zinc, de tensión nominal 120 kV con una corriente de descarga 10 kA, clase 3.

**b. Normas de aplicación**

- IEC 60099-3 Surge Arresters - Part 3: Artificial Pollution Testing of Surge Arresters.
- IEC 60099-4 Surge Arresters - Part 4: Metal - Oxide Surge Arresters Without Gaps for a.c. systems.
- IEC 60099-5 Surge Arresters - Part 5: Selection and application recommendations.

**F. Interruptores de potencia 66 kV**

En el nivel de 66 kV se empleará un interruptor tripolar del tipo “tanque vivo”, para servicio exterior, con cámara de extinción del arco en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), equipado con mando y mecanismo de resortes apropiado para accionamiento local y remoto.

**a. Características de operación**

En el siguiente cuadro se detallan las características del interruptor de potencia de 66 kV.

**Cuadro 2.4.2.1-5 Características de interruptor de potencia 66 kV**

| Descripción                                                  | Tensión Normalizada a Impulso<br>Tipo Rayo |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Norma                                                        | IEC 62271-100                              |
| Medio de extinción de arco                                   | SF <sub>6</sub>                            |
| Tensión máxima de operación                                  | 72,5 kV                                    |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo a nivel de instalación | 450 kVp                                    |
| Corriente asignada en servicio continuo                      | 800 A                                      |
| Poder de corte asignado en cortocircuito                     | 25 kA                                      |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**b. Normas de aplicación**

En particular para este equipo las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-100: High-voltage Alternating Current Circuit Breakers.
- IEC 60376: Specification and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride.
- IEC 62271-101: High-voltage switchgear and controlgear - Part 101: Synthetic testing.
- IEC 62271-110: High-voltage switchgear and controlgear - Part 110: Inductive load switching.

**G. Seccionadores tripolares con y sin cuchilla de puesta a tierra 66 kV**

Todos los seccionadores serán tripolares, diseñados para soportar una corriente nominal de 800 A. El mecanismo de apertura y cierre de los seccionadores serán del tipo doble apertura, con motor de mecanismo para operación de apertura y cierre pero permitirá también el accionamiento manual en caso de falla del sistema motorizado, podrá ser accionado local o remotamente (mando a distancia) para lo cual estará provisto de bobinas electromagnéticas de cierre y apertura. Las columnas de soporte serán de porcelana, los seccionadores empleados en bahías de líneas están equipados con cuchillas de puesta a tierra.

**a. Características de operación**

Tensión nominal 66 kV, 72,5 kV Máximo, BIL 450 kVp, 800 A, 25 kA lcc, tk=1s.

El seccionador tendrá comando local (a pie de equipo), mando a distancia y comando remoto desde la interface hombre - máquina y desde el centro de control.

Los seccionadores para las bahías de línea estarán equipados con cuchillas de puesta a tierra, los cuales tendrán enclavamiento mecánico con los seccionadores para evitar fallas por operación.

Todos los contactos para control, señalización y alarmas del seccionador se cablearán hasta la caseta de Control.

Los cables de interconexión entre el seccionador de línea con puesta a tierra y la caseta de Control, dispondrán de reservas para futuros usos y/o reemplazo de conductores dañados.

**b. Normas de aplicación**

En particular para estos equipos las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-102: Alternating current disconnecter (isolator) and earthing switches.
- IEC 62271-103: High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV.
- IEC 62271-1: High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications

**H. Transformador de corriente 66 kV**

**a. Características de operación**

Los transformadores de corriente 66 kV a emplearse en la bahía de transformación tendrán las siguientes características:

**Cuadro 2.4.2.1-6 Características de operación**

|                                                           |                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión máxima de operación                               | 72,5 kV                                                                                  |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo                     | 450 kV                                                                                   |
| Frecuencia de la red                                      | 60 Hz                                                                                    |
| Relación de transformación                                | 150 – 200/1/1/1 A (lado de transformador de potencia)                                    |
| Relación de transformación                                | 40-80/1/1/1 A (Celdas de línea)                                                          |
| Potencias y clase de precisión, en devanados de corriente | - Núcleo 1: 30 VA, Cl. 0.2<br>- Núcleo 2: 30 VA, Cl. 5P20<br>- Núcleo 3: 30 VA, Cl. 5P20 |
| Corriente límite térmica (I <sub>ter</sub> )              | 25 kA                                                                                    |
| Duración del cortocircuito asignada (tk)                  | 1 seg                                                                                    |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**b. Normas de aplicación**

- IEC 61869: Instrument Transformers.

- IEC 61869-1: Instrument transformers - Part 1: General requirements.

**I. Transformador de tensión capacitivo 66 kV**

Los transformadores de tensión serán del tipo capacitivo, para conexión entre fase y tierra. Tendrán dos arrollamientos secundarios: uno para protección y otro para medición.

**a. Características de operación**

Tendrán dos secundarios, con relación de transformación:

$$\frac{66}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

- Un secundario de 30 VA – 3P, para protección.
- Un secundario 30 VA – 0.2, para medición.

**b. Normas de aplicación**

- IEC 61869: Instrument transformers
- IEC 61869-5: Instrument transformers - Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers.
- IEC 60156: Method for the determination of electric strength of insulating oils.
- IEC 60358: Coupling capacitors and capacitor dividers.
- Todas las cajas y accesorios a intemperie de sistemas de control, inspección y/o mantenimiento deberán tener un grado de hermeticidad NEMA 4.

**J. Pararrayos 66 kV**

Se instalarán pararrayos a la salida del lado secundario 66 kV del transformador 138/66/24 kV y a las salidas de las celdas de 66 kV.

**a. Características de operación**

Para el nivel de 66 kV se utilizarán pararrayos del tipo óxido de zinc, de tensión nominal 60 kV con una corriente de descarga 10 kA, clase 3.

**b. Normas de aplicación**

- IEC 60099-3: Surge Arresters - Part 3: Artificial Pollution Testing of Surge Arresters.
- IEC 60099-4: Surge Arresters - Part 4: Metal - Oxide Surge Arresters Without Gaps for a.c. systems.
- IEC 60099-5: Selection and application recommendations.

**K. Interruptores de potencia 24 kV**

En el nivel de 24 kV se emplearán interruptores tripolares del tipo “tanque vivo”, para servicio exterior, con cámara de extinción del arco en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), equipado con mando y mecanismo de resortes apropiado para accionamiento local y remoto.

**a. Características de operación**
**Cuadro 2.4.2.1-7 Características de interruptor de potencia 66 kV**

| Descripción                                                  | Tensión Normalizada a Impulso Tipo Rayo |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Norma                                                        | IEC 62271-100                           |
| Medio de extinción de arco                                   | SF6                                     |
| Tensión máxima de operación                                  | 24 kV                                   |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo a nivel de instalación | 145 kVp                                 |
| Corriente asignada en servicio continuo                      | 1250 A                                  |
| Poder de corte asignado en cortocircuito                     | 25 kA                                   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**b. Normas de aplicación**

En particular para este equipo las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-100: High-voltage Alternating Current Circuit Breakers.
- IEC 60376: Specification and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride.
- IEC 62271-101: High-voltage switchgear and controlgear - Part 101: Synthetic testing
- IEC 62271-110: High-voltage switchgear and controlgear - Part 110: Inductive load switching

**L. Seccionadores tripolares 24 kV**

Todos los seccionadores serán tripolares, diseñados para soportar una corriente nominal de 630 A. El mecanismo de apertura y cierre de los seccionadores serán del tipo doble apertura, con motor de mecanismo para operación de apertura y cierre pero permitirá también el accionamiento manual en caso de falla del sistema motorizado, podrá ser accionado local o remotamente (mando a distancia) para lo cual estará provisto de bobinas electromagnéticas de cierre y apertura. No es aceptable apertura vertical con desconexión central. Las columnas de soporte serán de porcelana.

**a. Características de operación**

Tensión nominal 24 kV Máximo, BIL 145 kVp, 630 A, 25 kA Icc, tk= 1 s

El seccionador tendrá comando local (a pie de equipo), mando a distancia y comando remoto desde la interface hombre – máquina y desde el centro de control.

Todos los contactos para control, señalización y alarmas del seccionador se cablearán hasta la caseta de Control.

**b. Normas de aplicación**

En particular para estos equipos las normas a aplicar serán ANSI, entre otras como las que se listan a continuación:

- IEC 62271-102: Alternating current disconnecter (isolator) and earthing switches.
- IEC 62271-103: High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated

voltages above 1 kV up to and including 52 kV.

- IEC 62271-1: High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications

#### **M. Interruptores de re-cierre automático 24 kV**

En el nivel de 24 kV se emplearán interruptores de re-cierre automático, para servicio exterior, con cámara de extinción del arco en vacío, equipado con mando y mecanismo de resortes apropiado para accionamiento local.

##### **a. Características de operación**

**Cuadro 2.4.2.1-8 Características de interruptor de re-cierre 24 kV**

| Descripción                                                  | Tensión Normalizada a Impulso Tipo Rayo |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Norma                                                        | IEC 62271-100                           |
| Medio de extinción de arco                                   | Vacío                                   |
| Tensión máxima de operación                                  | 24 kV                                   |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo a nivel de instalación | 145 kVp                                 |
| Corriente asignada en servicio continuo                      | 630 A                                   |
| Poder de corte asignado en cortocircuito                     | 25 kA                                   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

#### **N. Transformadores de corriente 24 kV**

##### **a. Características de operación**

Los transformadores de corriente 24 kV a emplearse en la bahía de transformación tendrán las siguientes características:

**Cuadro 2.4.2.1-9 Características de operación**

|                                                           |                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión máxima de operación                               | 24 kV                                                                                    |
| Tensión asignada al impulso tipo rayo                     | 145 kVp                                                                                  |
| Frecuencia de la red                                      | 60 Hz                                                                                    |
| Relación de transformación                                | 150 – 300 – 600 /1/1/1 A                                                                 |
| Potencias y clase de precisión, en devanados de corriente | - Núcleo 1: 30 VA, Cl. 0.2<br>- Núcleo 2: 30 VA, Cl. 5P20<br>- Núcleo 3: 30 VA, Cl. 5P20 |
| Corriente límite térmica (I <sub>ter</sub> )              | 25 kA                                                                                    |
| Duración del cortocircuito asignada (tk)                  | 1 seg                                                                                    |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

##### **b. Normas de aplicación**

- IEC 61869: Instrument Transformers.
- IEC 61869-1: Instrument transformers - Part 1: General requirements.

**O. Transformadores de tensión inductivos 24 kV**

Los transformadores de tensión serán del tipo inductivo, para conexión entre fase y tierra. Tendrán dos arrollamientos secundarios: uno para protección y otro para medición.

**a. Características de operación**

Tendrán dos secundarios,, con relación de transformación:

$$\frac{24}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

- Un secundario de 30 VA – 3P, para protección.
- Un secundario de 30 VA – 0.2, para medición.

**b. Normas de aplicación**

- IEC 61869: Instrument transformers
- IEC 61869-2: Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for inductive voltage transformers.
- IEC 60156: Method for the determination of electric strength of insulating oils.
- IEC 60358: Coupling capacitors and capacitor dividers.

Todas las cajas y accesorios a intemperie de sistemas de control, inspección y/o mantenimiento tendrán un grado de hermeticidad NEMA 4.

**P. Pararrayos 24 kV**

Se instalarán pararrayos a la salida del lado terciario 24 kV del transformador 138/66/24 kV y a las salidas de las celdas de 24 kV.

**a. Características de operación**

Para el nivel de 24 kV se utilizarán pararrayos del tipo óxido de zinc, de tensión nominal 24 kV con una corriente de descarga 10 kA, clase 3.

**b. Normas de aplicación**

- IEC 60099-3: Surge Arresters - Part 3: Artificial Pollution Testing of Surge Arresters.
- IEC 60099-4: Surge Arresters - Part 4: Metal - Oxide Surge Arresters Without Gaps for a.c. systems.
- IEC 60099-5: Selection and application recommendations.

**Q. Transformador de puesta a tierra**

Se instalará un transformador de puesta a tierra en el nuevo patio de 24 kV.

- Norma de aplicación: IEC 60076-1

Las características generales del transformador son:

- Potencia Nominal: 240 kVA.

**R. Barras y conexiones**

La conexión del transformador de potencia proyectado al sistema de barras de la subestación Combapata, será mediante barras flexibles con conductor AAC, 1272 MCM, 644,5 mm<sup>2</sup>.

Para la implementación de las nuevas celdas en 66 kV, se ampliará la barra de 66 kV existente empleando un conductor AAC de 185 mm<sup>2</sup>.

Para la implementación del nuevo patio en 24 kV, se utilizará un conductor AAC 120 mm<sup>2</sup>.

**S. Malla de puesta a tierra**

La ampliación de la red de malla de tierra profunda y superficial incluye el estudio de la resistividad del terreno, selección del conductor, distribución de corrientes, el control de las tensiones de toque y paso y de elevación de potencial de la malla y el diseño propiamente de la malla a tierra.

La red de tierra de la subestación Combapata, será diseñada según la metodología indicada en la norma IEEE 80-2000 "Guide for Safety in AC Substation Grounding", para así obtener el valor más óptimo de resistencia de puesta a tierra y garantizar que las tensiones de toque y paso de la malla no superen los valores máximos permisibles.

La malla a tierra de la SE Combapata considera un nivel de profundidad de instalación de 0.6 m, similar a las últimas ampliaciones implementadas en la subestación.

La configuración física de la malla a tierra estará conformada por conductores de cobre desnudo con sección 107 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) similar al existente en el patio de 138 kV, los cuales serán enterrados a 600 mm de profundidad y unidos entre sí con soldaduras exotérmicas conformando cuadrículas de 5 m en promedio, considera además pozos a tierra formados por electrodos de copper-clad steel 5/8" (16 mm) x 8 pies (2400 mm); a esta malla se conectará la red de tierra superficial que se asocia a la conexión a tierra de las partes metálicas de los equipos de la subestación.

Para el sistema de tierra superficial desde la red de tierra profunda hacia cada uno de los equipos; se debe indicar que éstas serán de acuerdo a las disposiciones del fabricante amparados en la normas (IEEE80 y IEEE81), destacando que los puntos de conexión serán en los soportes de cada módulo según las indicaciones del fabricante.

**T. Sistema de protección**

Los equipos principales de la subestación Combapata 138/66/24 kV serán protegidos mediante relés de intervención rápida, cuya operación deben ser iniciadas por efectos de fallas entre fases, fase/neutro, fallas a tierra, sobrecargas permanentes en los equipos u otras anomalías en el sistema eléctrico.

El sistema de protección considera el uso de relés numéricos multifunción de alta confiabilidad, basado en microprocesadores y auto-verificables, del tipo para empotrar en tableros, de conexión eléctrica posterior, a prueba de polvo, con cubierta removible y ventana transparente, para ser instalados en tableros metálicos.

Los relés serán del tipo multifunción y con los componentes necesarios para la adquisición y análisis de datos, conexión directa a transformadores de medida, y con salidas y entradas binarias. Deberán contar como mínimo con protocolos de comunicación IEC 61850, DNP

3.0 y con dos puertos de comunicación. Parte Frontal del relé: 01 puerto serial tipo RJ45 o USB u óptico; Parte Posterior del relé: 02 puertos RJ45 o 02 puertos fibra óptica, 01 puerto serial RS232 o RS485; los puertos de comunicaciones deben estar diseñados para adaptarse a esquemas de control y medida, así como estar habilitados para asumir funciones lógicas, propias de los esquemas de automatización de las subestaciones. Los ajustes serán almacenados en memoria permanente, los datos serán conservados aún en caso de falla de la tensión de alimentación.

Para los diferentes niveles de tensión se han considerado las siguientes protecciones:

**a. Protección líneas 66 kV**

Se utilizará relés para la protección principal y protección de respaldo, que emplearán como medio de comunicación fibra óptica.

La protección principal y de respaldo tendrá las siguientes funciones:

- 87L (diferencial de línea).
- 21/21N (distancia de Fases/distancia Fase/Neutro).
- 50/51 (Sobrecorriente de fases no direccional)
- 50N/51N (Sobrecorriente de fase tierra no direccional)
- 67/67N (sobrecorriente direccional fase/neutro).
- 27/59 (subtensión y sobretensión)
- 25 (sincronismo)
- 50BF (falla de interruptor)
- 79 (recierre)
- 68 (bloqueo de oscilación de potencia)
- 98 (Registro oscilográfico de perturbaciones y eventos)
- 86 (Bloqueo de cierre de interruptores)
- LF (localizador de fallas)
- RF (registrador de eventos)

**b. Protección líneas 24 kV**

Las líneas de 24 kV de la SE Combapata son como siguen, contarán con interruptores de re-cierre automático los cuales vienen implementados con las siguientes protecciones:

- 50/51 (Sobrecorriente de fases no direccional).
- 50N/51N (Sobrecorriente de fase tierra no direccional).

**c. Protección de transformador**

**Protección interna del transformador de potencia**

Se utilizará los siguientes relés:

- 49T (imagen térmica del transformador)
- 26Q (temperatura del aceite)
- 71Q (nivel de aceite)
- 63F (flujo de aceite)
- 63 (relé Bucholtz)
- 63/63X/63PR (relés de presión de gas)

**Protección principal del transformador de potencia**

Se utilizará de un relé, el cual tendrá como mínimo las siguientes funciones:

- 87T (protección diferencial)
- 87TN (protección diferencial de corriente homopolar)
- 50/51 (protección de sobrecorriente instantánea y temporizada)
- 50N/51N (protección de sobrecorriente instantánea y temporizada a tierra)
- 49 (protección de sobrecarga)
- 86 (Bloqueo de cierre de interruptores)
- Además, funciones de LF Localizador de Fallas (LF) y Registrador de Eventos (RE).

**Protección de respaldo del transformador de potencia**

Se empleará para el transformador el uso de (02) relés en el lado de 138 y 66 kV, los cuales tendrán las siguientes funciones:

- 50/51 (protección de sobrecorriente instantánea y temporizada),
- 50N/51N (protección contra sobrecorriente instantánea y temporizada a neutro)
- Además, funciones de LF Localizador de Fallas (LF) y Registrador de Eventos (RE).

**d. Protección de barras**

La barra 138 kV de la subestación Combapata cuenta con protección diferencial de barra, por lo cual, mediante los transformadores de corriente de la bahía de transformación proyectada, se asigna un núcleo de protección desde donde se conectará al relé diferencial de barras (87B) existente.

**U. Sistemas de control y medición**

El sistema de control para realizar el Control Local de la bahía de transformación y transformador (nivel 1) contempla el uso de un equipo controlador de bahía que permita implementar lógicas de control e interbloqueo. Este controlador de bahía puede ser parte del relé del transformador.

Los equipos contarán con 4 niveles de jerarquía de control nivel 0, nivel 1, nivel 2 y nivel 3, teniendo prioridad el nivel superior sobre el inferior.

- Nivel 0, o mando local, desde las cajas de mando de cada equipo.
- Nivel 1, o mando a distancia, desde el controlador de bahía.
- Nivel 2, o mando remoto, desde la estación maestra de la subestación.
- Nivel 3, o mando remoto desde un centro de control Remoto.

Todos los interruptores y seccionadores son comandados remotamente, desde la caseta de control de la subestación, a través de dispositivos propios de controladores de bahía, con los enclavamientos requeridos para la operación de la red eléctrica. Los interruptores y seccionadores se adecuarán a los modos de operación del sistema de control respectivo.

Para evitar maniobras incorrectas, los mandos tendrán los siguientes enclavamientos desde cualquier nivel de control:

**Del interruptor**

La apertura del interruptor puede realizarse sin restricciones, pero el cierre está condicionado a que los seccionadores estén en posición cerrada o abierta completamente y al sincronismo del transformador al conectarse en paralelo.

**Del seccionador de barra**

Las maniobras del seccionador de barra solamente se pueden realizar si el interruptor está en posición abierto. La manivela del mando mecánico este en posición extraído.

El Sistema de Control utilizará toda la potencialidad de las Unidades de Control, Relés de Protección, Medidores de Energía y cualquier otro Dispositivo Electrónico Inteligente (IED) que forme parte del equipamiento de la subestación, de manera de utilizar su información para fines de operación y mantenimiento.

Para cumplir con su propósito, los equipos de control efectuarán un permanente auto-diagnóstico de su estado con bloqueo automático de su actuación en caso de defecto y señalización local y remota de la falla.

Con la ampliación de equipos en la subestación se cambiará el tablero de control y mando de la subestación (mímico) según la nueva topología.

**V. Tableros de control, protección y medición**

De acuerdo al ingreso del transformador de potencia 138/66/24 kV y celdas en 66 kV y 24 kV, se instalará en la caseta de control los siguientes gabinetes:

- Un (01) tablero de protección y medición del nuevo transformador de potencia, con relé de protección primaria y de respaldo, con controlador de bahía incorporado.
- Un (01) tablero de regulación de tensión del nuevo transformador.
- Cuatro (04) tablero de protección y medición de línea 66 kV, relé de protección primaria y de respaldo, con medidor y controlador de bahía incorporado.

Los tableros deben integrar los equipos de medida, de control y protección, todos ellos interconectados con fibra óptica con la unidad maestra del sistema de control de la subestación (SCS).

Los tableros de control, nuevos y existentes, contarán cada uno con su respectivo equipo de control de bahía los que se integrarán al sistema de control de la subestación.

**W. Sistemas de servicios auxiliares**

Los valores de tensión de los servicios auxiliares de la SE Combapata serán los siguientes:

- Servicios auxiliares de corriente alterna: 380-220 Vca, 3 Fases, 4 hilos, 60 Hz.
- Servicios auxiliares de corriente continua: 110 Vcc

Los servicios auxiliares del transformador serán:

- Control en corriente continua: 110 Vcc
- Fuerza y auxiliares en corriente alterna: 380-220 Vca
- Calefactores: 220 Vca.

Complementan el proyecto la caseta de control donde se ubicarán los tableros protección y medición y de servicios auxiliares tanto en corriente alterna como en corriente continua incluyendo los cargadores rectificadores. Además, se dispondrá de una sala baterías.

#### **X. Cables de media tensión**

Se emplearán cables de energía para la conexión del transformador y su respectiva celda de transformación en 24 kV.

Estos cables serán de cobre, apantallados y con aislamiento seco XLPE. Además serán del tipo flexible (fácil maniobrabilidad), de conformación monopolar y contarán con pantallas de cobre (cintas), el material de aislamiento además, deberá soportar una temperatura de operación de hasta 90°C.

El diseño, fabricación y pruebas en fábrica y en campo de los cables de energía se realizarán en base a las siguientes normas como mínimo:

- IEC 60228: Conductors of Insulated Cables.
- IEC 60230: Impulse Tests on Cables and their accessories.
- IEC 60540: Test Methods for Insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric Thermoplastic Compounds).

En 24 kV se emplearán cables de 240 mm<sup>2</sup> N2XSJ de 18/30kV.

#### **Y. Cables de baja tensión**

Para el presente proyecto se tiene previsto la utilización de conductores resistentes al fuego, con baja emisión de humo, libres de halógenos para los sistemas en baja tensión 380/220 V.

La sección de los conductores fue seleccionada en función a la capacidad de corriente considerando factores de corrección por temperatura, forma de instalación y sus canalizaciones. Asimismo, de acuerdo a los requerimientos de caída de tensión respetando los límites establecidos en el Código Nacional de Electricidad – Utilización.

Este tipo de conductores se especifican de acuerdo a las normas IEC y ASTM aplicables. Entre las que podemos indicar:

- NTP 370.252: Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable – Año 2010.
- NTP IEC - 60754 -1, 2: Relacionada a los ensayos de los gases emitidos durante la combustión de materiales – Año 2009.
- IEC – 60332 – 1: Relacionada a los ensayos para cables eléctricos sometidos a condición de fuego – Año 2007
- IEC – 61034: Relacionada con la medición y niveles de densidad de humos por cables en combustión bajo condiciones definidas – Año 2009

#### **Z. Instalaciones eléctricas exteriores**

Se contempla instalar en la caseta de control un tablero general VAC desde donde se alimentarán los tableros de distribución con una cantidad de circuitos que no supere lo admisible según la normatividad vigente, además se alimentará desde dicho tablero general los circuitos de alumbrado y tomacorrientes del patio de llaves, así como el alumbrado perimetral al igual que las cargas para la ventilación forzada y otras cargas.

Los circuitos de iluminación interior se alimentarán desde los tableros de distribución.

La alimentación del tablero VAC proyectado se realizará desde una de las llaves del tablero general de SS.AA. ubicado en el edificio de control existente de la subestación.

Para el alumbrado exterior se considera alumbrado perimetral y de operación, el alumbrado perimetral es el que se ha previsto para tránsito y seguridad en las áreas en los exteriores a los edificios y patios de transformadores. Mientras que el alumbrado de operación es el previsto en forma complementaria con reflectores en los pórticos para atender alguna maniobra o actividades de mantenimiento.

Las luminarias serán ubicadas en forma tal que proporcionen el nivel de iluminación a las instalaciones proyectadas conforme lo indicado en el Código Nacional de Electricidad – Utilización. Los equipos de alumbrado están solicitados con una cubierta exterior resistente a los fenómenos corrosivos y contaminantes que se presentan en la zona del proyecto.

Al interior de la caseta de control y sala de baterías, se ha dispuesto de un sistema de iluminación, cumpliendo los niveles establecidos según el CNE - Suministro y para la iluminación de emergencia un nivel medio a 11 lux en las rutas de evacuación.

Los diferentes niveles de iluminación se presentan a continuación:

- Edificio de Control: 500 Lux
- Sala de Baterías: 150 Lux
- Patio: 22 Lux

Los equipos de alumbrado a ser instalados cumplirán con las recomendaciones y requerimientos indicados en el Código Nacional de Electricidad del Perú (CNE).

Para el alumbrado interior se contempla la utilización luminarias tipo fluorescente 2 x 36 W, adecuada para uso industrial, con carcassas de policarbonato (antivandálicas - IP65) serán instaladas en forma adosada a techo o a pared según se indique en los planos, empleadas en las salas de control y sala de baterías.

Todos los tomacorrientes e interruptores de alumbrado serán de material plástico moldeado y tipos de material retardante a la llama.

Los tomacorrientes tendrán una toma a tierra los ubicados en los exteriores serán a prueba de agua. Cumplirán con los requerimientos indicados en el Código Nacional de Electricidad del Perú y las Normas Técnicas Peruanas.

Los interruptores de alumbrado, simples, dobles, triples o conmutables serán aptos para resistir una corriente nominal de 15 A o según especificaciones que se indiquen en los planos eléctricos y con conexión de tierra.

#### **AA. Apantallamiento**

La subestación cuenta con un sistema de apantallamiento mediante cable de guarda (cable de acero galvanizado 3/8" diámetro). Para cubrir el área de ampliaciones en 138 kV, 66 kV y 24 kV se empleará el mismo cable. En el caso de la nueva caseta de control se construirá una jaula de Faraday.

*El Diseño Técnico y Diagrama Unifilar de la Subestación Eléctrica de Combapata con los cambios a realizar mediante la presente Modificación se presentan en los anexos 2.3 y 2.4.*

## **2.5. Descripción de las actividades en las etapas del proyecto**

### **2.5.1. Etapa de construcción**

#### **2.5.1.1. Actividades preliminares**

##### **A. Contratación de personal y servicios locales**

Se realizará la contratación de mano de obra calificada y no calificada, considerando para esta última el distrito de Combapata que se encuentra en el área de influencia del proyecto. Dadas las actividades del proyecto, se contratarán 5 trabajadores como mano de obra no calificada local.

REP supervisará que la contratista realice la contratación de mano de obra local de acuerdo a los requerimientos del proyecto, a la evaluación de la experiencia técnica-laboral, y demás requisitos legales (seguridad, salud, antecedentes, etc.) a fin de determinar si los postulantes cumplen con los requisitos de acuerdo al perfil requerido. En caso, no haya disponibilidad de personal en la zona, REP y/o sus contratistas tendrán potestad de contratar personal perteneciente a otras zonas del país.

##### **B. Transporte de personal, materiales y equipos**

Consiste en el transporte del personal para la ejecución del proyecto, así como el transporte de insumos hacia una zona de almacenamiento temporal, previamente acondicionada y señalizada, la cual se ubicará al interior de la Subestación Combapata.

##### **C. Adecuación del terreno para la instalación del transformador de potencia**

Consiste en la limpieza del terreno en las áreas a ocupar por el proyecto, que pudiesen estar cubiertos de malezas, escombros, residuos, de modo que el terreno quede limpio y su superficie resulte apta para iniciar los trabajos. Posteriormente se realizará movimientos de suelo de menor envergadura y en zonas puntuales (área donde se instalará el transformador de potencia), teniendo por finalidad realizar la nivelación de superficies para la formación de plataformas. Es importante recalcar que el proyecto se desarrolla íntegramente dentro de la Subestación Combapata.

#### **2.5.1.2. Obras civiles**

##### **A. Fundaciones de equipos, pórticos y cimentaciones del transformador**

En la construcción de las cimentaciones se tendrá en cuenta las excavaciones estructurales, rellenos estructurales, concreto primarios y secundarios, acero de refuerzo, encofrado y desencofrado, instalación de pernos y otros accesorios localizados en los sitios indicados en los planos o por el supervisor.

##### **a. Fundaciones de pórticos y soporte de equipos**

Los diseños en general se harán con zapatas con pedestales dependiendo de la magnitud de las cargas y las características del suelo, de tal manera que se obtenga una fundación estable y económica.

Se preverá una capa de 10 cm de concreto secundario para ser colocado con posterioridad al montaje y nivelación de estructuras.

**b. Fundación del transformador de potencia**

En las celdas de conexión en 138 kV se ubicarán las fundaciones de concreto armado ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , cemento tipo I) para los equipos y pórticos, así como también para los postes que conforman el circuito para llevar el conductor de barras kV.

Asimismo, como la subestación cuenta con un tanque recolector se prevé evacuar hacia este el aceite que podría derramarse en la fosa de la fundación.

La cimentación del transformador está conformada por elementos estructurales, losa de cimentación de 11.80 x 5.60 m rigidizada con vigas y muros laterales, todos los elementos de concreto armado. Los elementos estructurales forman una fosa de captación impermeable que impida que, en caso de derrames, el aceite sea vertido al suelo. La capacidad de la fosa de captación es de  $10\text{ m}^3$ .

*En el anexo 2.5 se incluyen los planos con las características técnicas de la fosa de captación.*

La fundación se conecta con la vía interna ubicada al este de la cimentación mediante una losa de aproximación de concreto armado 6.50 x 3.00 m de área y 50 cm de espesor y con un sistema de rieles para facilitar el montaje y la movilización de los mismos.

**B. Modificación de vías internas e implementación de canaletas**

Las vías internas tendrán las siguientes características:

**Vía de acceso ingreso patio 22.9 kV**

- Longitud de vía a ampliar: 41.5 metros
- Ancho de vía a ampliar: 2.5 metros
- Tipo: Pavimento rígido

**Mejora de vía de acceso ingreso patio 138 kV**

- Longitud de vía a mejorar: 24
- Ancho de vía a mejorar: 1 metros
- Tipo: Pavimento rígido

**Vía de acceso ingreso a nuevo transformador a instalar el Proyecto**

- Longitud de vía a ampliar: 58 metros
- Ancho de vía a ampliar: 4 metros
- Tipo: Pavimento rígido

Las canaletas de cables serán de concreto armado convencional ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , cemento tipo I), dimensionadas para el tendido de conductores en bandejas metálicas a instalarse en su interior. Las tapas serán del mismo material. El piso de las canaletas tendrá un declive de 1% hacia el eje de la misma para facilitar la eliminación rápida del agua de lluvia hacia los sumideros, los cuales drenaran finalmente a los buzones más cercanos.

Las canaletas llevarán soportes metálicos donde serán instalados los cables. En las zonas donde se tenga acceso de vehículos se efectuarán los refuerzos correspondientes a la canaleta y las tapas de la misma.

*En el anexo 2.6 se presentan los planos con las características técnicas de las vías internas.*

### 2.5.1.3. Obras electromecánicas

#### A. Montaje del transformador de potencia y celdas de transformación alta tensión 138/66/24 kV

El transformador de potencia será instalado de acuerdo a los procedimientos de instalación y montaje, los cuales serán ejecutados y desarrollados según los procedimientos de REP. Se tendrá control cuidadoso y permanente de la presión de nitrógeno hasta el momento de su reemplazo por aceite. Todos los equipos a utilizar para el llenado y tratamiento de aceite serán inspeccionados y validados, se suministrará previamente a los trabajos las hojas de seguridad (MSDS), entre otros documentos necesarios para la buena ejecución de los trabajos.

Se tenderán, conectaran (en ambos extremos del transformador de potencia) y probaran los cables indicados a continuación:

- Cables entre gabinetes de control local, tanto del equipo como en el cambiador de tomas, hasta los diferentes accesorios, instrumentos y elementos de protección montados sobre el equipo. Cables entre el gabinete de control local del equipo y el gabinete de control local del cambiador de tomas.
- El cableado de fuerza y control desde el gabinete de control local del equipo hacia otros sistemas (control, protección, servicios auxiliares, etc.).

#### Celdas de transformación alta tensión 138/66/24 kV

Todas las partes de los equipos de maniobra se instalarán en forma exacta, ensayando el funcionamiento de las mismas y haciendo los ajustes necesarios que determine en la obra, hasta obtener una correcta operación.

Se tendrán todas las precauciones necesarias para que todos los equipos de alta tensión montados e instalados queden con el alineamiento correcto, verticalidad y dentro de las tolerancias especificadas.

#### B. Montaje de celdas de conexión en 66 kV y 24 kV

Para las nuevas celdas de conexión 66 kV se realizarán las siguientes actividades:

- Instalación e implementación de equipos de patio.
- Conexión a barra existente.
- Construcción de nuevas canaletas para la conexión de los nuevos equipos de patio al edificio de control existente.
- Fundación de equipos y pórticos.
- Ampliación de barra de 66 kV.
- Implementación de columnas y vigas para la conexión al sistema de barras.

Para las nuevas celdas de conexión 24 kV se realizarán las siguientes actividades:

- Instalación e implementación de equipos de patio.
- Conexión a barra existente.
- Implementación de columnas y vigas para la conexión al sistema de barras.
- Fundación de pórticos y equipos.
- Construcción de nuevas canaletas.

- Construcción de buzones para la recolección de cables de media tensión.

### **C. Montaje de estructuras de pórticos**

Las estructuras para pórticos y soporte de equipos, serán montados de tal forma que sus miembros no sufran esfuerzos superiores a los considerados en el diseño. El montaje de las estructuras se realizará de acuerdo con los planos de diseño. Todas las estructuras, una vez montadas permanecerán verticales bajo los esfuerzos impuestos por los conductores y los accesorios instalados en ella. Las estructuras de soporte se montarán en tal forma que queden firmemente ajustadas y niveladas en su lugar antes de proceder con el montaje de equipos. Finalmente se instalarán y conectarán en todas las estructuras los elementos para puesta a tierra.

Todas las partes móviles de los equipos de maniobra se instalarán en forma exacta, ensayando el funcionamiento de las mismas y haciendo los ajustes necesarios que determine en la obra, hasta obtener una correcta operación. Se tendrán todas las precauciones necesarias para que todos los equipos de alta tensión montados e instalados queden con el alineamiento correcto, verticalidad y dentro de las tolerancias especificadas.

#### **2.5.1.4. Instalación de puesta a tierra**

La construcción de la malla de puesta a tierra, se realizará usando las mejores técnicas empleadas en instalaciones de este tipo, de acuerdo a la norma IEEE Std 142 (IEEE Recommended practice for grounding of industrial al comercial power systems). Los conductores para la conexión a tierra de los equipos serán instalados con el mínimo número de curvas y por el camino más corto hacia la malla de puesta a tierra.

#### **2.5.1.5. Abandono constructivo**

Una vez finalizadas las diferentes actividades, el lugar de obra debe quedar libre de escombros y restos de las actividades constructivas, eliminando los materiales sobrantes de la obra. Los materiales generados como residuos (peligrosos y no peligrosos), serán dispuestos de manera definitiva a través de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) autorizada por la autoridad competente. En el caso de residuos no peligrosos (escombros de construcción, material agregado sobrante, etc.) también podrían ser dispuestos para otros fines, previa coordinación con las autoridades locales o terceros interesados, conforme al marco normativo vigente.

### **2.5.2. Etapa de operación y mantenimiento**

En general, se seguirán ejecutando las mismas actividades que hasta la fecha viene realizando REP para la S.E Combapata.

#### **2.5.2.1. Mantenimiento de equipos e instalaciones del sistema eléctrico**

##### **A. Inspección visual**

En este tipo de mantenimiento no se emplea herramientas ni instrumentos en la mayor parte de los casos, y como su nombre lo indica consiste sólo en inspecciones visuales. Tiene la finalidad de revisar el estado exterior de los equipos, como por ejemplo:

- *Banco de Reactores*: construcciones civiles, tanque, conexión a tierra, porcelanas de los bushings, limpieza general, tanque conservador, radiadores, ventiladores, silicagel,

relé Buchholz, cambiador de taps, manómetro, vacuómetro, nivel de aceite, indicador de temperatura, caja de control, terciario, temperaturas de aceite y bobinas.

- *Interruptores*: Fundaciones civiles, estructura, conexión a tierra, porcelanas, indicador de estado, mando, borneras, calefacción, hermeticidad, número de operaciones.
- *Transformadores de medida*: Fundaciones civiles, estructura, conexión a tierra, porcelanas, calefacción, caja de borneras.
- *Seccionadores*: Fundaciones civiles, estructura, conexión a tierra, porcelanas, hermeticidad mando, relé de conexión a tierra.
- *Pararrayos*: Fundaciones civiles, estructura, conexión a tierra, porcelanas, anillo equipotencial, número de descargas, conexión de potencial.

## **B. Inspección termográfica**

Se utiliza, mediante el empleo de cámaras de termovisión infrarroja, para localizar defectos por calentamiento, particularmente en piezas de contacto de seccionadores, bornas y grapas de conexión de los equipos, tomando como referencia la temperatura ambiente y la de otra fase sana. Se aplica mediante un barrido de todas las conexiones eléctricas en un parque y permite registrar la distribución de temperaturas en un equipo que se encuentre en las condiciones de régimen normal de servicio.

## **C. Medida de resistencia de contacto**

Las características eléctricas de un contacto, en elementos de maniobra, dependen del número de interrupciones y de la energía del arco acumulada, ya que provocan el desgaste de sus componentes, pérdida de presión de contacto y presencia de impurezas al depositarse una película particularmente aislante en la superficie. Asimismo, los esfuerzos que se producen durante las fallas, la acción del viento y las vibraciones transmitidas durante las maniobras, empeoran las características mecánicas de los puntos de conexión de los equipos. El control del valor de la resistencia eléctrica en las uniones de conductores que forman un circuito eléctrico, permite determinar la máxima intensidad que puede circular a través de ellas, sin que se sobrepasen los límites de calentamiento admitidos para cada tipo de material que componen la unión.

## **D. Resistencia dinámica en interruptores**

Debido al diseño de los contactos en algunos interruptores, que disponen de contactos principales y de arco, se aprovecha durante la realización de la curva de desplazamiento de los mismos, para registrar de forma continua la caída de tensión en la cámara de corte al inicio y fin de las maniobras de apertura y cierre.

## **E. Análisis del aceite aislante**

Los aceites aislantes son componentes esenciales de un gran número de equipos eléctricos, en particular banco de reactores y transformadores de medida. La evaluación del estado del aceite aislante en servicio se efectúa atendiendo a los siguientes índices de control: aspecto y color, contenido en agua, índice de neutralización, factor de pérdidas dieléctricas y tensión de ruptura, así como, cantidad de partículas que por tamaño son contabilizadas.

**F. Mantenimiento de tableros eléctricos**

Limpieza general, lubricación y ajustes de mecanismos de operación, medición de resistencia de contactos, revisión y apriete de conexiones.

**G. Mantenimiento de equipos**

Acciones continuas, oportunas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el buen funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de los equipos.

**2.5.2.2. Operación de la subestación eléctrica**

Consiste en la coordinación, supervisión y control de todo el proceso operativo de los sistemas energéticos y eléctricos, de manera integrada en la subestación, a partir de la puesta en servicio de la misma, a fin de brindar, garantizar y cubrir con la demanda energética. La operación se realizará desde el centro de control de REP, y/o desde la caseta de control en la subestación, si se da el caso.

**2.5.3. Etapa de abandono**

Una vez que las obras construidas cumplan su vida útil (30 años) o se decida terminar las operaciones, se procederá a desmantelarlas, devolviendo a la zona (dentro de lo posible) sus condiciones originales, previas al inicio del proyecto.

En estos casos se deberá desmantelar la subestación eléctrica, para lo cual se debe desmontar y retirar de la zona todos aquellos equipos, materiales y estructuras que sirvieron para el desarrollo de la actividad de transformación de energía eléctrica y dejar la zona por lo menos en condiciones similares (dentro de lo posible) a las encontradas antes de su construcción.

Esta etapa comprende:

**2.5.3.1. Contratación de personal y servicios locales**

La selección de los puestos se realizará de acuerdo a la evaluación de la experiencia técnica-laboral, y demás requisitos legales (seguridad, salud, antecedentes, etc.) a fin de determinar si los postulantes cumplen con los requisitos de acuerdo al perfil requerido. El requerimiento de mano de obra local se evaluará desde el inicio de la etapa de abandono.

**2.5.3.2. Desconexión y desenergización**

Antes del desmontaje de los equipos electromecánicos, en primer lugar, se deberá desenergizar la Subestación Combapata con la finalidad de evitar cualquier tipo de accidente eléctrico durante las labores de desmontaje eléctrico.

**2.5.3.3. Desmontaje de equipos electromecánicos**

Para esta actividad se preparará y adecuará un sitio destinado al almacenamiento de los equipos producto del desmontaje de la subestación.

Los cables conductores serán recogidos convenientemente y entregados para usos compatibles a sus características y estado de conservación, usos que serán previamente establecidos a través de una evaluación.

**2.5.3.4. Excavación y demolición de cimentaciones**

Consiste en demoler toda estructura existente, para ello se contará con un plan de demolición y excavación elaborado por el contratista, para ello se realizarán los trabajos civiles necesarios con apoyo de maquinaria si así se crea conveniente.

**2.5.3.5. Limpieza y rehabilitación de las áreas ocupadas**

Todos los residuos (peligrosos y no peligrosos) provenientes de las actividades de abandono serán trasladados por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) autorizada por la autoridad competente y/o dispuesta para su reutilización (en caso de residuos no peligrosos, previa coordinación con las autoridades locales). Posteriormente se proseguirá con la rehabilitación del área ocupada, consistiendo en devolver las propiedades de los suelos a un nivel adecuado de acuerdo a la zonificación correspondiente.

## 2.6. Modelo de diagrama de flujo de proyecto

### 2.6.1. Etapa de construcción

#### Cantidad Medida Descriptiva

##### **Maquinarias y equipos**

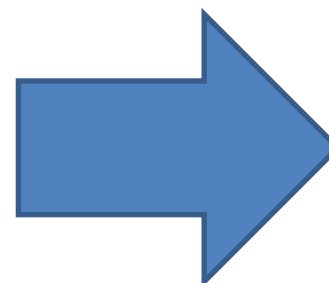
01 Camiones grúa de carga  
05 Camionetas  
01 Camiones/dumper 240 kW  
01 Cargador (190 kW)  
01 Excavadora  
01 Rotomartillo

##### **Personal**

15 Personal calificado y 25 Personal no calificado

##### **Energía**

2000 gls. Combustible  
2000 W energía eléctrica



#### **Salida (medida cantidad aproximada)**

|                          |                                            |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Residuos sólidos</b>  | 12 102 kg                                  |
| <b>Residuos líquidos</b> | 28 800 L                                   |
| <b>Emisiones</b>         | Material particulado y emisiones gaseosas. |
| <b>Ruido</b>             | dBA 80                                     |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A.  
Elaboración propia CESEL S.A. (2019).

## 2.6.2. Etapa de operación

### Cantidad Medida Descriptiva

#### **Maquinarias y equipos**

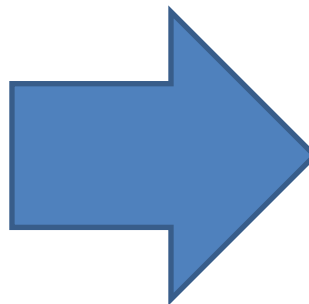
01 Camioneta pick-up 4x4.  
01 Camión grúa.  
01 Analizador de aislamiento

#### **Personal**

01 Personal calificado

#### **Energía**

5159 Kw.h mensual



### **Salida (medida cantidad aproximada)**

**Residuos sólidos** 526.10 Kg/año

**Emisiones** Material particulado y gases (traslado de personal para labores de mantenimiento)

**Ruido y radiaciones electromagnéticas**

Fuente: Red de Energía del Perú S.A.  
Elaboración propia CESEL S.A. (2019).

### 2.6.3. Etapa de abandono



Fuente: Red de Energía del Perú S.A.  
Elaboración propia CESEL S.A. (2019).

## **2.7. Recursos e insumos**

### **2.7.1. Infraestructura auxiliar**

#### **2.7.1.1. Campamentos**

Para las etapas de construcción y abandono del proyecto no se habilitarán campamentos. Los trabajadores del proyecto utilizarán las instalaciones existentes de las zonas urbanas para su estadía las cuales cuentan con la infraestructura y servicios adecuados. Estas instalaciones contarán con los servicios básicos como son agua, luz y desagüe conectados a las redes públicas de la ciudad.

Con respecto a los espacios para alimentación y vestuario (comedores y vestuarios en obra) de los trabajadores, dada la cercanía de la subestación con la ciudad, se priorizará el empleo de espacios públicos (comedores cercanos a la subestación) así como los lugares de residencia del personal para su cambio de indumentaria de trabajo. Sin embargo, en caso se requiera, se habilitará un comedor y vestuarios dentro de la subestación, cuyos residuos serán gestionados dentro del programa de manejo de residuos sólidos.

Para la etapa de operación y mantenimiento, tampoco se habilitará campamentos, ya que participará una (01) sola persona para la operación de la subestación eléctrica. Asimismo las actividades de mantenimiento son puntuales y de duración corta, por lo que, de ser necesario dicha persona utilizará los hospedajes de la zona.

#### **2.7.1.2. Almacenes temporales**

No se alquilarán o construirán almacenes fuera de la subestación, los equipos y materiales para la etapa de construcción y abandono serán dispuestos en almacenes implementados dentro de la Subestación Combapata, cuya concesión pertenece a REP. Es importante recordar que la Subestación es un área cercada mediante muros de cerramiento.

#### **2.7.1.3. Baños portátiles**

Durante la construcción y abandono del proyecto se utilizarán baños químicos portátiles para el personal que realizará este proyecto. Estos baños son fabricados en polietileno de alta densidad y resistencia, contienen un depósito de agua limpia y una bomba de lavado del inodoro, separada del depósito de agua sucia, donde se coloca el producto químico biodegradable; todo en un sólo módulo. Los baños portátiles serán manejados por una empresa prestadora de servicios (EPS) especializada y autorizada por DIGESA.

*Para la etapa de construcción*

Considerando el Reglamento de Seguridad en la Construcción (G0.50), que indica que por cada 10 trabajadores se debe instalar un (01) baño portátil, y considerando que el número pico de trabajadores es 40 personas, se establecerá 04 baños portátiles para el desarrollo de las actividades constructivas del proyecto, dichos baños tendrán una capacidad aproximada de 260 L. El manejo de los baños portátiles estará a cargo de una Empresa Prestadora de Servicios autorizada, que realizará la limpieza y traslado de los residuos. Aproximadamente el baño tendrá una capacidad de 350 a 400 usos.

En cuanto al volumen estimado, teniendo como premisa que el ser humano elimina aproximadamente 2 L/día (según datos de la OMS) y teniendo en cuenta que el personal máximo en el proyecto es de 40 personas.

Se calcula el volumen de residuos líquidos a generar (Vrl):

$$Vrl = 2 \text{ L/día/persona} * 40 \text{ personas} * 360 \text{ días} = 28\,800 \text{ L}$$

*Para la etapa de abandono*

Considerando el Reglamento de Seguridad en la Construcción (G0.50), que indica que por cada 10 trabajadores se debe instalar un (01) baño portátil, y considerando que el número pico de trabajadores es 16 personas, se establecerá 02 baños portátiles para el desarrollo de las actividades constructivas del proyecto, dichos baños tendrán una capacidad aproximada de 260 L.

En cuanto al volumen estimado, teniendo como premisa que el ser humano elimina aproximadamente 2 L/día (según datos de la OMS) y teniendo en cuenta que el personal máximo en el proyecto es de 16 personas.

Se calcula el volumen de residuos líquidos a generar (Vrl):

$$Vrl = 2 \text{ L/día/persona} * 16 \text{ personas} * 150 \text{ días} = 4\,800 \text{ L}$$

*Para la etapa de operación y mantenimiento*

Durante la etapa de operación y mantenimiento, las aguas residuales provenientes de las instalaciones auxiliares (oficinas) en la subestación Combapata, son vertidas a un tanque séptico existente en la subestación.

#### **2.7.1.4. Material necesario para la construcción**

El material granular requerido para la ejecución de las obras civiles, será adquirido de canteras debidamente autorizadas y cercanas al proyecto. En caso sea necesario, el contratista podrá adquirir suelo orgánico para la compensación de la puesta a tierra, lo realizará a través de proveedores que cumplan con la normativa nacional. Asimismo, se podrá utilizar concreto premezclado o instalar una mezcladora en la zona de trabajo. En ambos casos se deberá disponer de superficies impermeables en la zona donde se instalará la mezcla para evitar afectaciones al suelo.

El estimado de la cantidad de material para la construcción se presenta en el siguiente cuadro:

- 2 125 kg de cemento (50 bolsas)
- 50 m<sup>3</sup> de arena
- 40 m<sup>3</sup> de grava (piedra picada)
- 100 p<sup>2</sup> de madera
- 1000 kg de acero

Durante la etapa de operación y mantenimiento no se requerirá material de construcción.

#### **2.7.1.5. Depósitos de material excedente (DME)**

Respecto a la disposición del material excedente, resultante de las actividades de construcción y abandono, y que no pueda ser utilizado como material de relleno y/o reutilizado en otras actividades, según indica la normativa, será dispuesto por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) que cuente con todas las autorizaciones que indica la norma.

Durante la operación y mantenimiento no se generará material excedente por lo que no aplica el uso de un DME.

## 2.7.2. Servicios

### 2.7.2.1. Abastecimiento de agua

El requerimiento de agua para uso industrial (preparado de mezcla, riego del área de trabajo y otras actividades asociadas según necesidad) para las etapas del proyecto (construcción, operación y abandono) será realizado a través de terceros debidamente autorizados que brindan dichos servicios cerca de la zona del proyecto.

El agua para consumo del personal será abastecida a través de botellas y bidones de proveedores locales, siempre y cuando cumplan con los requisitos de inocuidad de la normativa peruana.

**Cuadro 2.7.2.1-1 Estimación de consumo de agua**

| Descripción                    | Etapas de construcción<br>m <sup>3</sup> /mes | Etapas de operación y<br>mantenimiento<br>m <sup>3</sup> /mes | Etapas de abandono<br>m <sup>3</sup> /mes |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Agua para consumo del personal | 2.4                                           | 0.06                                                          | 0.96                                      |
| Agua para uso industrial       | 20                                            | 2.00                                                          | 3.00                                      |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>22.40</b>                                  | <b>2.06</b>                                                   | <b>3.96</b>                               |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

El presente proyecto no implica mayor cantidad de personal del que actualmente labora en la Subestación Combapata (01 persona).

### 2.7.2.2. Combustible

Se priorizará que el abastecimiento de combustible durante las etapas de construcción y abandono se realice en los servicentros localizados en el distrito de Combapata. Sin embargo, los equipos y maquinaria menores podrían abastecerse de combustible en los frentes de trabajo, siempre y cuando cumplan con criterios de protección a suelo (kits antiderrame, suelo impermeabilizado, contenedores), así como el personal debidamente capacitado. Se podrá almacenar de manera temporal una cantidad no mayor a 260 galones en lugares acondicionados adecuadamente.

Asimismo, las actividades de mantenimiento, como lubricación y cambio de aceite de los vehículos de transporte, se realizarán en los centros de servicio autorizados y ubicados cerca de la zona del proyecto. En caso no haya servicentros aptos en el distrito de Combapata, se podrá acudir a establecimientos de distritos cercanos.

Por otro lado, el requerimiento de combustible para la etapa de operación y mantenimiento del proyecto es poco significativo, ya que solo se requerirá combustible para los vehículos empleados para las labores de mantenimiento y supervisión, así como puntualmente para grupos electrógenos en las subestaciones. Este suministro será realizado en servicentros de las localidades cercanas.

### 2.7.2.3. Electricidad

El suministro de energía eléctrica será provisto desde la misma Subestación Combapata para la etapa de operación. Para la etapa de construcción y abandono se utilizará grupos

electrógenos, los cuales contarán con el equipamiento de control ambiental adecuado (kit antiderrame, mantenimiento del equipo, especificaciones de uso, etc.).

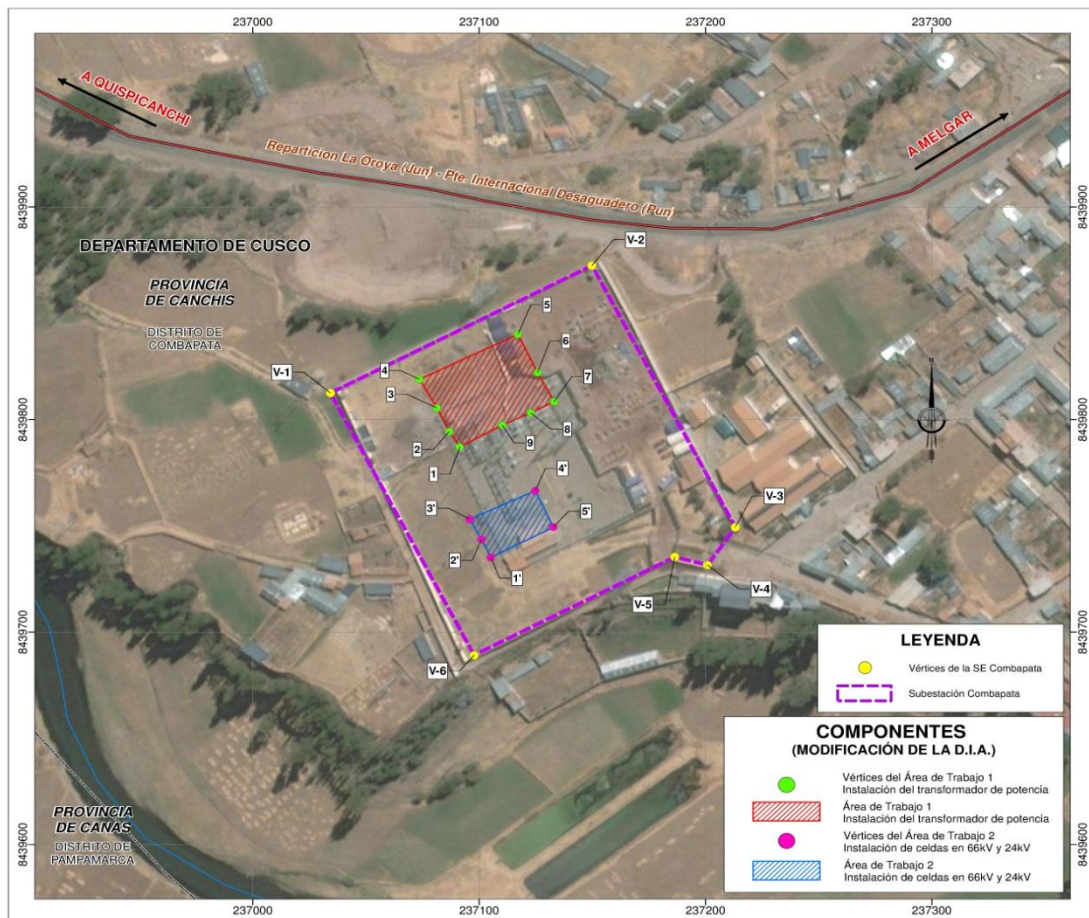
#### 2.7.2.4. Explosivos

No se requerirá el uso de explosivos en ninguna de las etapas del proyecto.

#### 2.7.3. Vías de acceso

Se utilizarán los accesos existentes para el ingreso a la subestación. Es decir, se utilizará la carretera Cuzco - Sicuani, en el Distrito de Combapata.

**Imagen 2.7.3-1 Accesibilidad al proyecto**



Fuente: Google Earth 2014. Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

#### 2.7.4. Equipos y maquinarias

Se ha considerado que las maquinarias empleadas durante la construcción serán:

**Cuadro 2.7.4-1 Equipos y maquinarias a utilizar – Etapa de construcción**

| Ítem | Descripción             |
|------|-------------------------|
| 1    | 01 Camión grúa de carga |
| 2    | 05 Camionetas           |
| 3    | 01 Camión/dumper 240 kW |
| 4    | 01 Cargador (190 kW)    |
| 5    | 01 Excavadora           |

| Ítem | Descripción     |
|------|-----------------|
| 6    | 01 Rotomartillo |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

#### Cuadro 2.7.4-2 Equipos y maquinarias a utilizar – Etapa de operación y mantenimiento

| Ítem | Descripción                  |
|------|------------------------------|
| 1    | 01 Camioneta pick-up 4x4.    |
| 2    | 01 Camión grúa.              |
| 3    | 01 Analizador de aislamiento |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

#### Cuadro 2.7.4-3 Equipos y maquinarias a utilizar – Etapa de abandono

| Ítem | Descripción              |
|------|--------------------------|
| 1    | 01 Camión grúa de carga. |
| 2    | 02 Camionetas            |
| 3    | 01 Excavadora            |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

### 2.7.5. Personal a emplear

El requerimiento de mano de obra estará directamente relacionado a los avances de la implementación del proyecto, dependerá del cronograma de ejecución, disponibilidad de personal requerido y condiciones técnicas específicas.

Durante la etapa de construcción se requerirá la contratación de mano de obra calificada (15 personas) y no calificada (25 personas). Se tiene estimado que, del total de mano de obra no calificada, 5 trabajadores serán contratados de zonas cercanas al proyecto, de acuerdo a los requerimientos del proyecto, la disponibilidad de personal en la zona y las exigencias de seguridad y salud que la normativa peruana exige. En caso no haya personal disponible, como mano de obra no calificada en la zona, se podrá disponer la contratación de personal de otros lugares.

A continuación, se presenta el estimado de la cantidad de personal a contratar.

#### Cuadro 2.7.5-1 Cantidad de personal a contratar - Etapa de construcción

| Actividad a realizar | Mano de obra calificada |         |          | Mano de obra no calificada/ foránea |          | Mano de obra no calificada Local |          |
|----------------------|-------------------------|---------|----------|-------------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
|                      | Supervisor              | Capataz | Operario | Oficial                             | Ayudante | Oficial                          | Ayudante |
| Civil                | 1                       | 1       | 2        | 3                                   | 2        | 1                                | 1        |
| Electromecánico      | 1                       | 2       | 4        | 6                                   | 4        | -                                | 2        |
| Pruebas              | 1                       | 1       | 2        | 3                                   | 2        | -                                | 1        |
| <b>TOTAL</b>         | <b>15</b>               |         |          | <b>20</b>                           |          | <b>5</b>                         |          |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

El siguiente cuadro muestra la cantidad de mano de obra requerida para todas las etapas del proyecto:

**Cuadro 2.7.5-2 Mano de obra requerida para el proyecto**

| Actividad    | Mano de obra calificada | Mano de obra no calificada |
|--------------|-------------------------|----------------------------|
| Construcción | 15                      | 25                         |
| Operación    | 1                       | -                          |
| Abandono     | 6                       | 10                         |
| <b>Total</b> | <b>22</b>               | <b>35</b>                  |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

En la etapa de operación, no se requerirá nuevo personal, ya que las nuevas instalaciones serán manejadas por el personal que actualmente labora en la subestación Combapata (01 persona).

## 2.7.6. Residuos sólidos

Durante la etapa de construcción del proyecto se generarán residuos sólidos de tipo peligroso y no peligroso. En el capítulo 6.0 Medidas de prevención y/o mitigación se incluye un Programa de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos que indica cómo será el manejo de los residuos sólidos en todas las etapas del proyecto; basado en el cumplimiento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N° 1278) y su Reglamento (D.S. N° 014-2017-MINAM), Reglamento de Residuos de Construcción y Demolición (D.S. N° 003-2013-VIVIENDA), Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (D.S. N° 001-2012-MINAM).

En base a la experiencia que tiene REP en la ejecución de sistemas de transmisión eléctrica, se presenta a continuación el estimado de generación de residuos sólidos.

### 2.7.6.1. Etapa de construcción

#### A. Residuos industriales no peligrosos

La estimación de los residuos no peligrosos se ha realizado considerando la experiencia de REP en proyectos similares, así como en las características de las actividades a realizar.

Se presenta en el siguiente cuadro el estimado de residuos industriales no peligrosos a generar durante la etapa constructiva del proyecto.

**Cuadro 2.7.6.1-1 Estimación de residuos industriales no peligrosos a generar - Etapa de construcción**

| Residuos sólidos No Peligrosos            | Unidad | Cantidad |
|-------------------------------------------|--------|----------|
| Papel y cartón                            | t      | 0.015    |
| Metales y restos de estructuras metálicas | t      | 0.025    |
| Plástico                                  | t      | 0.35     |
| Caucho y jebe                             | t      | 0.5      |
| Vidrio                                    | t      | 0.25     |
| Cables                                    | t      | 1.5      |
| Concreto                                  | t      | 0.05     |
| Restos de material de excavación          | t      | 0.5      |
| Maderas                                   | t      | 0.25     |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

## B. Residuos peligrosos

La estimación de los residuos peligrosos se ha realizado considerando la experiencia de REP en proyectos similares, así como en las características de las actividades a realizar. El cuadro siguiente muestra las cantidades aproximadas de residuos sólidos peligrosos generados.

**Cuadro 2.7.6.1-2 Estimación de residuos peligrosos a generar - Etapa de construcción**

| Residuos sólidos peligrosos                                                                  | Unidad | Cantidad |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|
| Recipientes de materiales peligrosos, Aceites, lubricantes, líquidos de freno y combustibles | t      | 0.05     |
| Plástico de pintura utilizada                                                                | t      | 0.010    |
| Residuos electrónicos / eléctricos                                                           | t      | 0.25     |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

## C. Residuos domésticos

Para estimar la cantidad de residuos domésticos a generarse durante la etapa de construcción, se tomó como documento base el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Perú - 2017, elaborado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), a fin de poder tener un estimado de la generación de residuos diaria per cápita en el Perú.

**Cuadro 2.7.6.1-3 Estimación de residuos domésticos a generar - Etapa de construcción**

| Actividad                                               | Unidad | Cantidad |
|---------------------------------------------------------|--------|----------|
| Generación de residuos por día (kg)                     | kg     | 0.58*    |
| N° de personas                                          | Und.   | 40       |
| Total de producción de residuos por día                 | kg     | 23.2     |
| Total de producción de residuos – Etapa de Construcción | kg     | 8352     |

Fuente: Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

\*Según el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Perú - 2017, elaborado por el OCDE. Para un tiempo de construcción de 360 días (aproximadamente 12 meses).

**2.7.6.2. Etapa de operación**
**Cuadro 2.7.6.2-1 Generación anual de residuos industriales (peligrosos y no peligrosos) (kg/año)**

| Llantas Usadas | Maderas (Carretes, etc.) | Metales (Pernos, alambres, perfiles, ferretería, etc.) | Aceite dieléctrico residual | Envases y aerosoles, impregnados con pintura, solventes, aceite | Filtros de aceite | Fluorescentes, focos | Silicagel en desuso | Trapos y Paños impregnados con hidrocarburos, solventes. | Tinta / Cartucho de impresoras |
|----------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 8.00           | 100.00                   | 100.00                                                 | 50.00                       | 15.00                                                           | 5.00              | 5.00                 | 2.00                | 10.00                                                    | 0.30                           |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Cuadro 2.7.6.2-2 Generación anual de residuos domésticos**

| Actividad                               | Unidad | Cantidad |
|-----------------------------------------|--------|----------|
| Generación de residuos por día (kg)     | Kg     | 0.58*    |
| N° de personas                          | Unidad | 1        |
| Total de producción de residuos por día | Kg.    | 0.58     |
| Total de producción de residuos/mes     | Kg.    | 17.4     |
| Total de producción de residuos/año     | Kg.    | 208.80   |

Fuente: Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

\*Según el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Perú - 2017, elaborado por el OCDE.

### 2.7.6.3. Etapa de abandono

Se presenta a continuación el estimado de residuos sólidos a generar durante el abandono del proyecto. Para su estimación se ha tenido en cuenta la experiencia de REP en la ejecución de obras de abandono de sistemas eléctricos e información bibliográfica publicada por organizaciones internacionales (OCDE), así como las características de la infraestructura a abandonar.

#### A. Residuos domésticos

Para estimar la cantidad de residuos domésticos a generarse durante la etapa de Abandono, se tomó base el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Perú - 2017, elaborado la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), a fin de poder conocer la cantidad de residuos que genera una persona por día.

**Cuadro 2.7.6.3-1 Estimación de residuos domésticos a generar – Etapa de abandono**

| Actividad                                           | Unidad | Cantidad |
|-----------------------------------------------------|--------|----------|
| Generación de residuos por día (kg)                 | kg     | 0.58*    |
| N° de personas                                      | Und.   | 16       |
| Total de producción de residuos por día             | kg     | 9.28     |
| Total de producción de residuos – Etapa de abandono | kg     | 1392.00  |

Fuente: Elaboración propia. CESEL S.A. (2019).

\*Según el Informe de Evaluación del Desempeño Ambiental Perú - 2017, elaborado por el OCDE.

Para un tiempo de abandono de 150 días (aprox. 5 meses).

#### B. Residuos industriales no peligrosos

La estimación de los residuos no peligrosos se ha realizado considerando la experiencia de REP en proyectos similares, así como en las características de las actividades a realizar.

Se presenta a continuación la cantidad estimada de residuos industriales no peligrosos a generar durante la etapa de abandono del proyecto.

**Cuadro 2.7.6.3-2 Estimación de residuos industriales no peligrosos– Etapa de abandono**

| Descripción                        | Unidad | Cantidad estimada |
|------------------------------------|--------|-------------------|
| Restos de estructura metálica      | kg     | 10                |
| Papel, cartón, botellas de vidrio  | kg     | 50                |
| Cables y alambres                  | kg     | 100               |
| Residuos con concreto y demolición | kg     | 30                |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

### C. Residuos industriales peligrosos

La estimación de los residuos peligrosos se ha realizado considerando la experiencia de REP en proyectos similares, así como en las características de las actividades a realizar. El cuadro siguiente muestra las cantidades aproximadas de residuos sólidos peligrosos generados.

**Cuadro 2.7.6.3-3 Estimación de residuos peligrosos a generar – Etapa de abandono**

| Descripción                                              | Peso (kg) | Cantidad | Total  |
|----------------------------------------------------------|-----------|----------|--------|
| Fluorescentes y luminarias                               | 30 kg     | 10       | 300 kg |
| Aceite dieléctrico residual                              | 10 kg     | 1        | 10 kg  |
| Envases y trapos contaminados con aceites o combustibles | 20 kg     | 1        | 20 kg  |
| Pilas y baterías                                         | 5 kg      | 1        | 5 kg   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

#### 2.7.7. Productos y sustancias químicas

Las hojas MSDS de los productos químicos a utilizar durante la ejecución del proyecto se presentan en el anexo 2.7.

### 2.8. Emisiones

La operación de los equipos y maquinarias durante la etapa de construcción serán las principales fuentes generadoras de emisiones de gases de combustión. En general, estas fuentes producen gases de combustión (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre) y en menor cantidad compuestos volátiles derivados del combustible utilizado (VOC's). Otro aspecto a tener en cuenta, son las emisiones de material particulado (polvareda) generado por movimiento de tierras y el tránsito de los vehículos de carga durante la movilización de equipos y maquinarias.

Estas cantidades de emisiones serán no significativas y se dispersarán rápidamente en la atmósfera por la acción del viento, sin generar efectos ambientales sobre los componentes del medio. Estas emisiones se pueden incrementar en caso que los equipos y maquinarias no se encuentren en buen estado de funcionamiento. Al respecto, todos los equipos y maquinaria del proyecto contarán con el mantenimiento preventivo correspondiente.

Las medidas de manejo ambiental de emisiones de material particulado y gases se detallan en el capítulo 6 Medidas de prevención y mitigación del presente documento.

### 2.9. Generación de ruido

Durante las actividades constructivas, se generarán niveles sonoros por el uso de maquinarias en el proceso constructivo, los cuales podrían incrementarse en caso los equipos y maquinarias no se encuentren en buen estado de funcionamiento.

De igual manera durante la etapa de operación por las actividades de inspección de campo y labores de mantenimiento, es posible que se generen emisiones sonoras en caso de uso inadecuado de los elementos sonoros de los vehículos para transporte de personal. Por lo que, se capacitará a los conductores sobre el uso correcto de los elementos sonoros de los vehículos.

Las medidas de manejo ambiental para prevenir y mitigar alteraciones de los niveles de ruido se detallan en el capítulo 6.0 Medidas de prevención y mitigación.

## 2.10. Campos electromagnéticos

No se espera la generación de niveles elevados de radiaciones no ionizantes en la etapa de construcción y abandono del proyecto.

Para la etapa de operación se generarán ciertos niveles de radiaciones no ionizantes, para lo cual se ha establecido un monitoreo de campos electromagnéticos a fin que se verifique que el nivel se encuentre dentro de los rangos tolerables con lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones no ionizantes (Decreto Supremo N° 010-2005-PCM).

## 2.11. Costo del proyecto y cronograma de ejecución

### 2.11.1. Costo del proyecto

El monto estimado de la inversión para el presente proyecto es de: USD 4 399 730.52 (sin IGV), tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.11.1-1 Monto estimado de inversión**

| Ítem     | Descripción                              | Subestación Combapata<br>transformador de 30/20/20 MVA<br>138/66/24 kV y celdas en 66 kV<br>y 24 kV |
|----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b> | <b>Suministros, obra civil y montaje</b> |                                                                                                     |
|          | Suministro                               | 2,564,209.08                                                                                        |
|          | Obra civil                               | 609,818.33                                                                                          |
|          | Montaje y pruebas                        | 380,240.86                                                                                          |
|          | <b>Subtotal 1</b>                        | <b>3,554,268.27</b>                                                                                 |
| <b>2</b> | <b>Gastos generales y utilidades</b>     |                                                                                                     |
|          |                                          | 198,011.84                                                                                          |
|          | <b>Subtotal 2</b>                        | <b>3,752,280.11</b>                                                                                 |
| <b>3</b> | <b>Estudios, diseño e ingeniería</b>     |                                                                                                     |
|          |                                          | 177,713.41                                                                                          |
|          | <b>Subtotal 3</b>                        | <b>3,929,993.52</b>                                                                                 |
| <b>4</b> | <b>Gerenciamiento</b>                    |                                                                                                     |
|          |                                          | 469,737.00                                                                                          |
| <b>5</b> | <b>Total Proyecto sin IGV</b>            | <b>4,399,730.52</b>                                                                                 |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

### 2.11.2. Cronograma de ejecución

El tiempo estimado para la realización de las obras para la "Instalación del Transformador de potencia 30/20/20 MVA – 138/66/24 kV y Celdas en 66 kV y 24 kV", se estima un plazo total de ejecución de 12 meses.

El cronograma de ejecución se presenta a continuación:

**Cuadro 2.11.2-1 Cronograma de ejecución del proyecto – Etapa de construcción**

| Actividades                                                                                | Meses |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|                                                                                            | M1    | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
| <b>Actividades preliminares</b>                                                            |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Contratación de personal y servicios locales                                               |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Transporte de personal, materiales y equipos                                               |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Adecuación del terreno para la instalación del transformador de potencia                   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| <b>Obras civiles</b>                                                                       |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Fundaciones de equipos, pórticos y cimentaciones del transformador                         |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Modificación de vías internas e implementación de canaletas                                |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| <b>Obras electromecánicas</b>                                                              |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Montaje del transformador de potencia y celdas de transformación alta tensión 138/66/24 kV |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Montaje de celdas de conexión en 66 kV y 24 kV                                             |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Montaje de estructuras de pórticos                                                         |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| <b>Instalación de puesta a tierra</b>                                                      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| <b>Abandono constructivo</b>                                                               |       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).

**Cuadro 2.11.2-2 Cronograma de ejecución del proyecto – Etapa de operación y mantenimiento, y abandono**

| N°         | Actividades                                                           | Etapa                     |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-----|--------|----------|---|---|---|---|
|            |                                                                       | Operación y mantenimiento |       |       |     |        | Abandono |   |   |   |   |
|            |                                                                       | Año 1                     | Año 2 | Año 3 | ... | Año 30 | Meses    |   |   |   |   |
|            |                                                                       |                           |       |       |     |        | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <b>1</b>   | <b>Etapa de operación y mantenimiento</b>                             |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| <b>1.1</b> | <b>Mantenimiento de equipos e instalaciones del sistema eléctrico</b> |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.1      | Inspección visual                                                     |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.2      | Inspección termográfica                                               |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.3      | Medida de resistencia de contacto                                     |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.4      | Resistencia dinámica en interruptores                                 |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.5      | Análisis del aceite aislante                                          |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.6      | Mantenimiento de tableros eléctricos                                  |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 1.1.7      | Mantenimiento de equipos                                              |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| <b>1.2</b> | <b>Operación de la subestación eléctrica</b>                          |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| <b>2</b>   | <b>Etapa de abandono</b>                                              |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 2.1        | Contratación de personal y servicios locales                          |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 2.2        | Desconexión y desenergización                                         |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 2.3        | Desmontaje del equipamiento electromecánico                           |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 2.4        | Excavación y demolición de las cimentaciones                          |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |
| 2.5        | Limpieza y rehabilitación de las áreas ocupadas                       |                           |       |       |     |        |          |   |   |   |   |

Fuente: Red de Energía del Perú S.A. (2019).