



**INFORME DE DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN**

Planta FV Webinar ES

2023/11/22

AVISO LEGAL

Este informe ("Informe") es proporcionado por Rated Power S.L. ("RatedPower") para el uso del Cliente, que ha suscrito un acuerdo escrito con RatedPower. Sin embargo, RatedPower no hace representaciones o garantías de ningún tipo, expresas o implícitas, en cuanto a la exactitud, integridad, idoneidad o fiabilidad del Informe, y no será responsable de los daños y perjuicios de cualquier tipo que surjan o en relación al uso del Informe por parte del Cliente. El Cliente puede proporcionar a RatedPower su logotipo para su colocación en el Informe. El Cliente declara y garantiza que tiene todos los derechos y permisos necesarios para utilizar e incluir el logotipo en el Informe, y eximirá a RatedPower de cualquier reclamación derivada del uso de dicho logotipo en el Informe.

TABLA DE CONTENIDOS

[1. INTRODUCCIÓN](#0)

[2. EMPLAZAMIENTO](#1)

[2.1. Localización](#2)

[2.2. Topografía](#3)

[3. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN](#4)

[4. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA SUBESTACIÓN](#5)

[4.1. Características medioambientales](#6)

[4.2. Corrientes de cortocircuito](#7)

[4.3. Coordinación del aislamiento](#8)

[4.4. Distancias mínimas de seguridad](#9)

[5. SISTEMA DE ALTA TENSIÓN](#10)

[5.1. Equipo de alta tensión - Posición de transformador](#11)

[5.2. Equipo de alta tensión - Posición de línea](#12)

[5.3. Equipo de alta tensión - Embarrado](#13)

[6. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN – POSICIÓN DE TRANSFORMADOR](#14)

[6.1. Seccionadores](#15)

[6.2. Interruptores](#16)

[6.3. Transformadores de intensidad](#17)

[6.4. Pararrayos](#18)

[7. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN – POSICIÓN DE LÍNEA](#19)

[7.1. Seccionadores](#20)

[7.2. Interruptores](#21)

[7.3. Transformadores de intensidad](#22)

[7.4. Transformadores de tensión](#23)

[7.5. Pararrayos](#24)

[8. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN - EMBARRADO](#25)

[8.1. Embarrado](#26)

[8.2. Aisladores para el soporte del embarrado](#27)

[8.3. Transformadores de tensión](#28)

[8.4. Acople de barras](#29)

[9. SISTEMA DE ALTA / MEDIA TENSIÓN – TRANSFORMADOR DE POTENCIA](#30)

[9.1. Transformador de potencia](#31)

[9.2. Sistema PAT](#32)

[9.3. Pararrayos](#33)

[10. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN](#34)

[10.1. Celdas de MT para las líneas de entrada](#35)

[10.2. Celdas de MT para las líneas de salida](#36)

[10.3. Celdas de MT para medición](#37)

[10.4. Celda de MT para servicios auxiliares](#38)

[10.5. Banco de condensadores](#39)

[10.6. Cables](#40)

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este informe, producido por RatedPower, es describir las especificaciones y el diseño de la subestación elevadora de la planta solar fotovoltaica, Webinar ES.

El dimensionado y los cálculos realizados en este informe se basan en los estándares IEC.

La descripción actual del proyecto podría verse sujeta a cambios en las siguientes etapas del desarrollo. Las principales características del proyecto se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del proyecto

|  |  |
| --- | --- |
| **Proyecto Webinar ES** | |
| Localización | Spain, Andalucía |
| Capacidad de la subestación | 305.8 MVA |
| Nivel de alta tensión | 275.0 kV |
| Nivel de media tensión | 20.0 kV |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 1050.0 kV |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Instalación | Intemperie |
| Tecnología | Aislamiento en aire |
| Configuración | doble barra |
| Transformadores de potencia | 4 |

2. EMPLAZAMIENTO

2.1. Localización

La subestación a la intemperie 275.0/20.0 kV evacuará 305.8 MVA, y está ubicada en Andalucía. En la Tabla 2 se muestra información adicional sobre el emplazamiento.

Tabla 2. Características del emplazamiento

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de la localización de la subestación** | |
| Ciudad / Localidad | Colonia de Santa Ana |
| Región | Andalucía |
| País | Colonia de Santa Ana |
| Latitud | 37.1 ° |
| Longitud | -4.7 ° |
| Altitud | 416.68 m a.m.s.l. |

En la Figura 1 Y Figura 2 se muestra la localización del proyecto.



Figura 1. Localización de la subestación en la región de Andalucía, en Colonia de Santa Ana

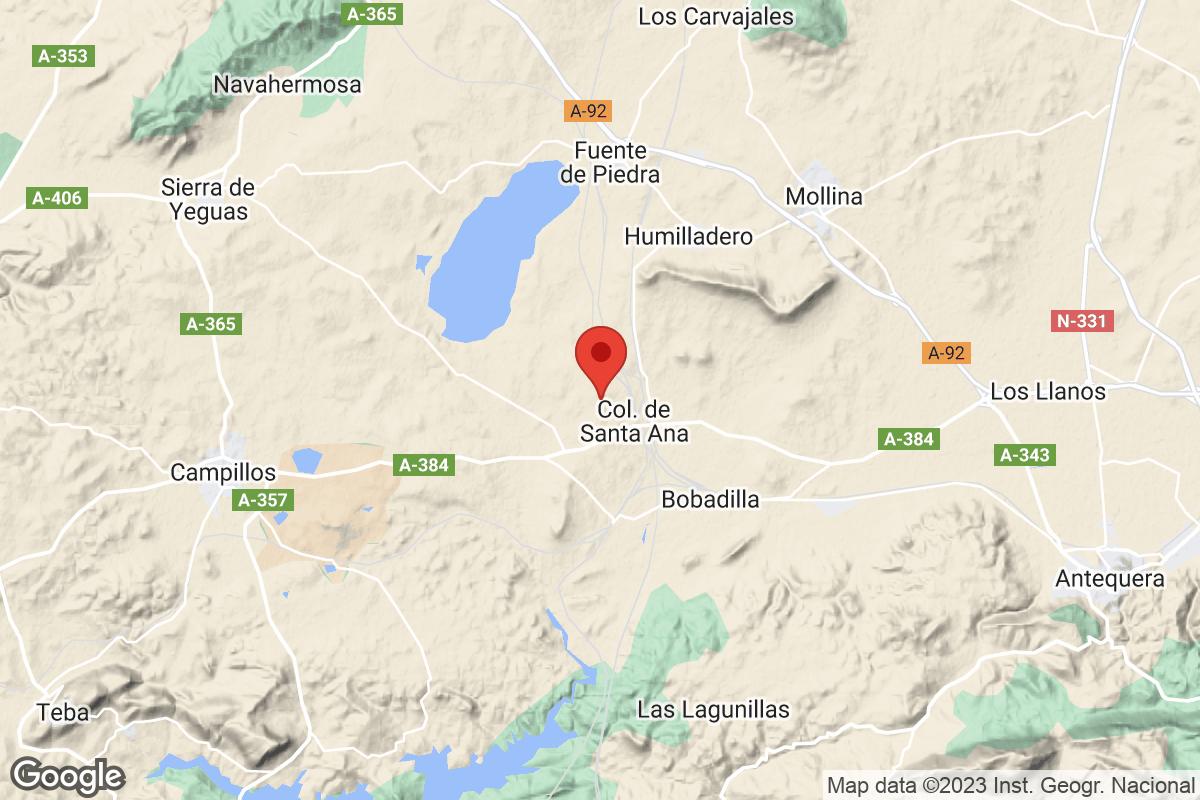


Figura 2. Vista más cercana de la subestación en la región de Andalucía

2.2. Topografía

Se ha realizado un análisis preliminar de la topografía para estudiar la disponibilidad de terreno adecuado para la construcción de la subestación eléctrica.

Los datos de elevación fueron proporcionados por el usuario en formato CSV (XYZ).

Utilizando los datos de elevación mencionados anteriormente, se realizaron movimientos de tierra para nivelar el terreno. La superficie delimitada por el área de ST definida en el KML ha sido nivelada para la instalación de la subestación. El análisis de movimientos de tierra resultó en un total de 8665.37 m3 de relleno y 8410.56 m3 de desmonte.

3. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN

Las características del parque de 275.0 kV se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Características del sistema de alta tensión

|  |  |
| --- | --- |
| **Sistema de alta tensión** | |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada para el material | 300.0 kV |
| Intensidad de cortocircuito trifásico | 50.0 kA |
| Instalación | Intemperie |
| Tecnología | Aislamiento en aire |
| Configuración | doble barra |
| Número de calles de transformador | 4 |
| Número de calles de salida | 1 |

Con respecto al número de transformadores, en la Tabla 4 se muestra información más detallada.

Tabla 4. Características del sistema AT/MT

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Transformador** | **Relación de transformación** | **Capacidad** | **Impedancia de cortocircuito** | **Índice horario** |
| Num 1 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 2 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 3 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 4 | 275.0 / 20.0 kV | 75.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |

En total, 4 celdas primarias de media tensión conectan la planta FV a la subestación. Las características del sistema 20.0 kV de media tensión se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Características del sistema de media tensión

|  |  |
| --- | --- |
| **Sistema de media tensión** | |
| Tensión nominal | 20.0 kV |
| Tensión más elevada para el material | 24.0 kV |
| Intensidad de cortocircuito trifásico | 25.0 kA |
| Instalación | Interior |
| Tecnología | SF6 |
| Configuración | Simple barra |
| Celdas primarias de media tensión | 4 |
| Celdas de salida (hacia transformadores) | 4 |
| Celdas de entrada | 24 |
| Celdas auxiliares | 1 |
| Celdas de medición | 1 por sistema de MT |

4. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA SUBESTACIÓN

4.1. Características medioambientales

Las condiciones medioambientales se muestran en la Tabla 6. Estos datos han sido utilizados para calcular diferentes módulos de la subestación como por ejemplo las dimensiones de las barras, el tipo de aislador o las fuerzas que afectan al embarrado.

Tabla 6. Características medioambientales del emplazamiento

|  |  |
| --- | --- |
| **Características medioambientales** | |
| Altitud | 416.68 m a.m.s.l. |
| Temperatura máxima | 38.97 °C |
| Temperatura media | 16.34 °C |
| Temperatura mínima | -1.19 °C |
| Nivel de polución | Medio |
| Línea de fuga mínima | 30 mm/kV |
| Velocidad del viento máxima | 120 km/h |
| Presión del aire | 70 daN/m2 |

4.2. Corrientes de cortocircuito

Los niveles de cortocircuito que se han considerado a la hora de realizar el diseño eléctrico de la subestación pueden verse en la Tabla 7.

Tabla 7. Niveles de cortocircuito

|  |  |
| --- | --- |
| **Tensiones nominales del sistema** | **Niveles de cortocircuito** |
| 275.0 kV | 50.0 kA |
| 20.0 kV | 25.0 kA |

4.3. Coordinación del aislamiento

Los valores de aislamiento que se han adoptado para el estudio del equipo eléctrico y las distancias mínimas de despeje se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Los niveles de aislamiento

|  |  |
| --- | --- |
| **Niveles de aislamiento** |  |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 1050 kV |
| Tensión soportada a impulso tipo maniobra (fase-tierra) | 850 kV |
| Tensión soportada a impulso tipo maniobra (fase-fase) | 1275 kV |

4.4. Distancias mínimas de seguridad

La distancia de seguridad es la mínima distancia que debería mantenerse entre la aparamenta de la subestación. Esta se compone de dos valores:

* Un valor básico que está relacionado con el nivel de aislamiento a impulso tipo rayo.
* Una distancia de seguridad que servirá para proteger al personal durante trabajos de mantenimiento. Esta distancia considera la zona de paso de las personas encargadas de la correcta operación y mantenimiento de la subestación.

La Figura 3 muestra la relación entre el valor básico y la distancia de seguridad para el personal de la subestación.

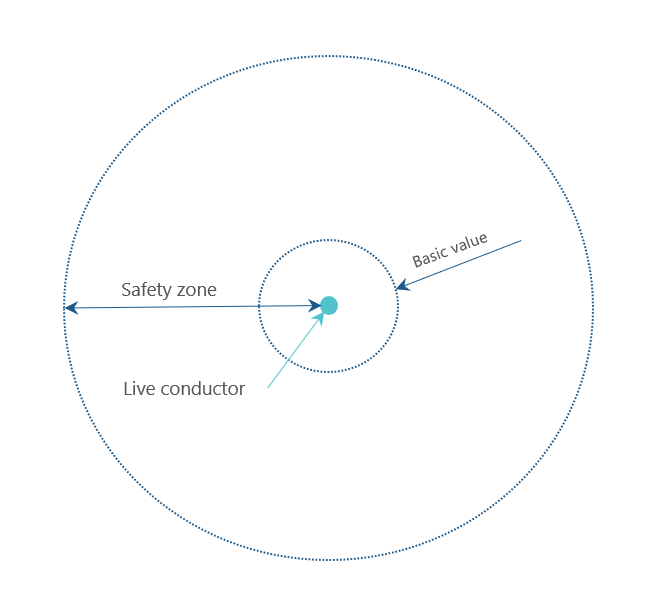


Figura 3. La distancia de seguridad es la suma del valor básico y la zona de seguridad para el personal

Valor básico

Tras el cálculo de la tensión de impulso tipo rayo, se obtienen las siguientes distancias de despeje:

* Fase-tierra 2.4 m.
* Fase-fase: 3.1 m.

El efecto de la altitud sobre el nivel del mar está considerado.

Zona de seguridad para el personal

Las distancias de seguridad tienen que estar calculadas de forma que se faciliten las maniobras de equipo de mantenimiento de la subestación. El siguiente criterio se ha adoptado:

* La altura de la persona con los brazos levantados es 2.25 m.
* La altura de la persona cuando eleva los brazos sobre un plano de trabajo perpendicular a su eje es 1.25 m.
* El largo de la persona cuando sus brazos están estirados es 1.75 m.

Distancias mínimas de seguridad

Los conductores estarán dispuestos conforme a que cumplan las siguientes alturas:

* La conexión entre la aparamenta en el parque de la subestación se hará a una altura de 4.89 m respecto al nivel del suelo.
* Los conductores del embarrado estarán a una altura de 8.78 m respecto al nivel del suelo y soportados por aisladores.
* La línea de salida se eleva 12.67 m.

Las alturas mínimas de seguridad se muestran en la Figura 4.

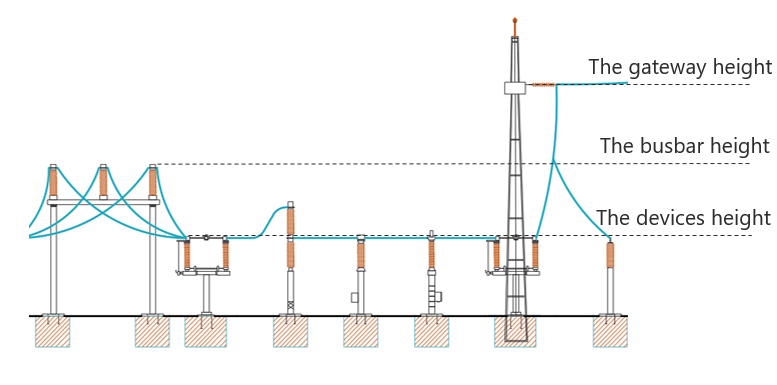


Figura 4. Las alturas mínimas de seguridad

Los siguientes valores de separación se mantendrán para ubicar la aparamenta de la subestación:

* Las fases de los conductores están separadas 4.39 m unas con respecto a las otras.
* La anchura de la calle es 17.56 m. Esta distancia también es la anchura del embarrado y el pórtico de salida de línea.
* La aparamenta debe mantener un mínimo de 4.39 m con otro elemento en la dirección de la calle.

Las mínimas distancias de seguridad del parque eléctrico se muestran en la Figura 5.

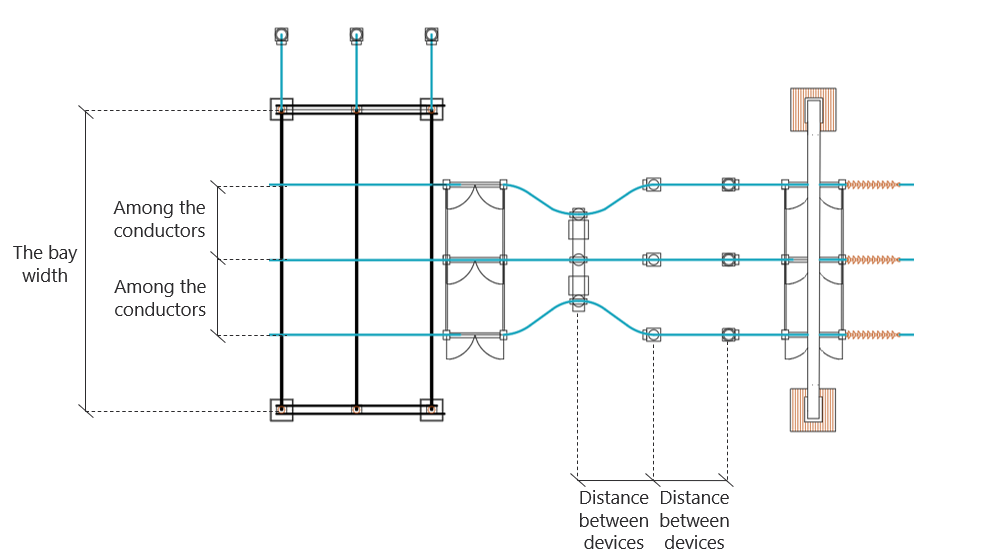


Figura 5. Las distancias mínimas de seguridad

A continuación, se presenta un resumen de las distancias que se han tenido en cuenta en las Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 9. Los valores básicos.

|  |  |
| --- | --- |
| **Valores básicos** | |
| Distancia fase-tierra | 2.4 m |
| Distancia fase-fase | 3.1 m |

Tabla 10. Las distancias de seguridad para el personal.

|  |  |
| --- | --- |
| **Distancia de seguridad para el personal** | |
| Altura del personal con los brazos levantados | 2.25 m |
| Altura de la persona cuando eleva los brazos sobre un plano de trabajo perpendicular a su eje | 1.25 m |
| Largo de una persona con los brazos extendidos | 1.75 m |

Tabla 11. Las distancias mínimas de seguridad.

|  |  |
| --- | --- |
| **Distancias mínimas de seguridad** | |
| Entre las fases de los conductores | 4.39 m |
| Anchura de la calle | 17.56 m |
| Distancia entre aparamenta eléctrica | 4.39 m |

Tabla 12. Las alturas mínimas de seguridad.

|  |  |
| --- | --- |
| **Aparamenta** | **Alturas mínimas de seguridad** |
| La altura de los dispositivos | 4.89 m |
| La altura del embarrado | 8.78 m |
| La altura del pórtico | 12.67 m |

5. SISTEMA DE ALTA TENSIÓN

La subestación doble barra de 275.0/20.0 kV está formada por 4 calle/s de transformador, 1 calle/s de línea de salida y un sistema de 20.0 kV compuesto por 1 celda/s de media tensión que conectan la planta FV a la subestación.

Los equipos principales que se han usado para diseñar el parque de la subestación son:

* Los **interruptores** sonmecanismos que permiten conectar y desconectar los circuitos eléctricos.

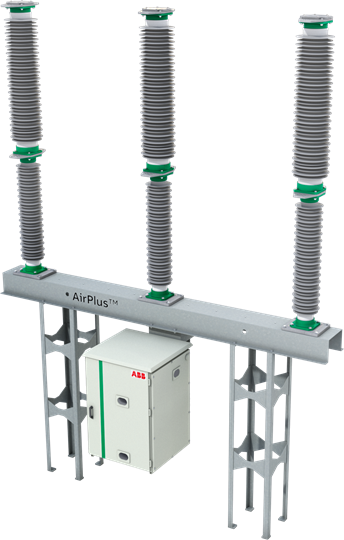


Figura 6. Un ejemplo de interruptor (fuente: ABB)

* Los **seccionadores** se utilizan para aislar partes del circuito de la subestación durante el mantenimiento. Son usados para controlar la corriente que fluye por los circuitos eléctricos. Operan cuando los interruptores están abiertos.



Figura 7. Un ejemplo de seccionador (fuente: ABB)

* Los **transformadores de medición** que son tanto transformadores de tensión como de intensidad. Se utilizan para reducir la corriente y la tensión a niveles que pueden medirse con otros dispositivos. Estos transformadores son clave para habilitar las medidas de protección en el circuito contra corrientes de falta.



Figura 8. Un ejemplo de transformadores de medición (fuente: ABB)

* Los **transformadores de potencia** que elevan la tensión desde niveles de media hasta niveles de alta tensión.



Figura 9. Un ejemplo de transformador de potencia (fuente: GE)

* El **sistema de puesta a tierra (P.A.T)** limita las corrientes de falta que podrían fluir por el neutro del transformador de potencia. Este dispositivo está formado por un transformador en zig-zag a modo de reactancia y seguido por una resistencia de puesta a tierra. El objetivo es proteger al personal contra valores inusuales de sobre tensiones, especialmente durante cortocircuitos, descargas de rayos, etc.
* Los **pararrayos** limitan las sobretensiones que afectan a los sistemas eléctricos, especialmente para proteger a los transformadores. También se ubican a la salida de las líneas de la subestación.



Figura 10. Un ejemplo de pararrayos (fuente: ABB)

* Las **celdas de media tensión**, que contienen el equipo necesario para conectar las líneas provenientes de la planta FV hasta el transformador de potencia.



Figura 11. Un ejemplo de líneas de media tensión (fuente: Ormazabal)

5.1. Equipo de alta tensión - Posición de transformador

Las (4) calles de transformador están formadas por la siguiente aparamenta:

* Dos (2) seccionadores.
* Un (1) interruptor.
* Un set de tres transformadores de intensidad.
* Tres (3) pararrayos para proteger el devanado primario del transformador de potencia.

5.2. Equipo de alta tensión - Posición de línea

Las (1) posiciones de línea de salida de la subestación están equipadas con la siguiente aparamenta:

* Tres (3) pararrayos.
* Tres (3) transformadores de tensión.
* Un (1) seccionador de puesta a tierra.
* Un set de tres transformadores de intensidad.
* Un (1) interruptor.
* Dos (2) seccionadores.

5.3. Equipo de alta tensión - Embarrado

Un transformador de tensión por fase será instalado en el embarrado de la subestación de barra doble. Además, se incluye un acople entre barras formado por un interruptor y dos seccionadores.

6. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN – POSICIÓN DE TRANSFORMADOR

Las posiciones de transformador conectan los transformadores elevadores de tensión con los embarrados de la subestación. Contiene todos los elementos necesarios para la protección del transformador.

6.1. Seccionadores

Como se ha mencionado anteriormente, los seccionadores se utilizan para manejar el flujo de las corrientes del circuito eléctrico. Las principales características de los seccionadores que se localizan en la posición del transformador se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Principales características de los seccionadores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los seccionadores** | |
| Tipo | Seccionador tripolar de exterior |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Corriente de corta duración admisible asignada | 50.0 kA |
| Valor de cresta de corriente admisible asignada | 125.0 kA |

6.2. Interruptores

Los interruptores automáticos juagan un papel esencial en la subestación. Se utilizan para abrir y cerrar los circuitos cuando es necesario, particularmente en el caso de cortocircuitos. Las principales características de los interruptores que se instalan en las posiciones del transformador se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Principales características de los interruptores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los interruptores** | |
| Tipo | Interruptor exterior tripolar de potencia |
| Medio aislante | Aire |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Poder de corte asignado en cortocircuito | 50.0 kA |
| Poder de cierre asignado en cortocircuito | 125.0 kA |

6.3. Transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad de 3 devanados secundarios están equipados con un núcleo para medida y dos núcleos para protección. Las principales características de estos equipos localizados en la posición del transformador se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Principales características de los transformadores de intensidad

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los transformadores de intensidad** | |
| Tipo | Transformador de intensidad con tres devanados secundarios |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Relación de transformación | 250.0/5.0 - 5.0 - 5.0 A |
| Corriente térmica en funcionamiento continuo | 50.0 A |
| Corriente térmica de corta duración | 125.0 kA |
| Número de devanados secundarios | 3 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 15.0 VA, Cl 0.2s |
| Potencia de salida y clase de precisión (Segundo núcleo) | 30.0 VA, Cl 5P |
| Potencia de salida y clase de precisión (Tercer núcleo) | 30.0 VA, Cl 5P |

6.4. Pararrayos

Para proteger la instalación de sobretensiones, se instalarán pararrayos. Las principales características del pararrayos que protege el primario del transformador se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Principales características de los pararrayos en el sistema de AT

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los pararrayos** | |
| Tensión de aislamiento | 300.0 kV |
| Tensión asignada | 258.0 kV |
| Tensión de funcionamiento continuo | 191.0 kV |
| Sobretensión temporal (10s) | 268.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo maniobra | 532.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (10kA) | 607.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (20kA) | 667.0 kV |
| Corriente nominal de descarga | 10.0 kA |

7. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN – POSICIÓN DE LÍNEA

Las posiciones de líneas son aquellos sistemas que conectan la subestación con la red eléctrica. Se tratan de las líneas que salen de la subestación directamente a la transmisión o distribución eléctrica.

7.1. Seccionadores

Las principales características de los seccionadores que están ubicados en las posiciones de línea se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Principales características de los seccionadores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los seccionadores** | |
| Tipo | Seccionador tripolar de exterior |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Corriente de corta duración admisible asignada | 50.0 kA |
| Valor de cresta de corriente admisible asignada | 125.0 kA |

7.2. Interruptores

Las principales características de los interruptores que se instalan en las posiciones de línea se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Principales características de los interruptores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los interruptores** | |
| Tipo | Interruptor exterior tripolar de potencia |
| Medio aislante | Aire |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Poder de corte asignado en cortocircuito | 50.0 kA |
| Poder de cierre asignado en cortocircuito | 125.0 kA |

7.3. Transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad de 3 devanados secundarios están equipados con un núcleo para medida y dos núcleos para protección. Las principales características de estos equipos localizados en la posición del transformador se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Principales características de los transformadores de intensidad

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los transformadores de intensidad** | |
| Tipo | Transformador de intensidad con tres devanados secundarios |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Relación de transformación | 1000.0/5.0-5.0-5.0 A |
| Corriente térmica en funcionamiento continuo | 50.0 A |
| Corriente térmica de corta duración | 125.0 kA |
| Número de devanados secundarios | 3 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 15.0 VA, Cl 0.2s |
| Potencia de salida y clase de precisión (Segundo núcleo) | 30.0 VA, Cl 5P |
| Potencia de salida y clase de precisión (Tercer núcleo) | 30.0 VA, Cl 5P |

7.4. Transformadores de tensión

Se han escogido transformadores de tensión inductivos. Los transformadores cuentan con un devanado secundario para medición y los otros dos devanados cumplen funciones de protección. Sus principales características eléctricas se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Principales características de los transformadores de tensión

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los transformadores de tensión** | |
| Tipo | Transformador de tensión con tres devanados secundarios |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Relación de transformación | 275.0:√3 / 0.11 / 0.11 / 0.11 kV |
| Número de devanados secundarios | 3 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 25.0 VA, Cl 0.2 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Segundo núcleo) | 100.0 VA, Cl 3P |
| Potencia de salida y clase de precisión (Tercer núcleo) | 100.0 VA, Cl 0.5-3P |

7.5. Pararrayos

Las principales características de los pararrayos que protegen las líneas de salida se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Características principales de los pararrayos del sistema de AT

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los pararrayos** | |
| Tensión de aislamiento | 300.0 kV |
| Tensión asignada | 258.0 kV |
| Tensión de funcionamiento continuo | 191.0 kV |
| Sobretensión temporal (10s) | 268.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo maniobra | 532.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (10kA) | 607.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (20kA) | 667.0 kV |
| Corriente nominal de descarga | 10.0 kA |

8. EQUIPO DE ALTA TENSIÓN - EMBARRADO

Esta sección se centra en el embarrado de la subestación. Se presentan las características principales de la barra, así como los elementos que lo componen tales como, el transformador de intensidad, los aisladores de soporte y el acople.

Las barras estarán a una altura de 8.78 m metros sobre el suelo y soportadas por los aisladores.

8.1. Embarrado

Las principales características del embarrado se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Principales características del embarrado de AT

|  |  |
| --- | --- |
| **Parámetros de diseño** | |
| Material | Tubos de aluminio 6063 |
| Diámetro externo | 200.0 mm |
| Diámetro externo | 180.0 mm |
| Sección del conductor | 59.69 cm2 |
| Corriente máxima admisible a 85ºC | 4589 A |
| Corriente de carga | 770 A |

A la hora del diseño se ha considerado que la barra contiene un amortiguador cuyo peso corresponde con el 25% del peso de la barra.

8.2. Aisladores para el soporte del embarrado

Los aisladores de los embarrados se utilizan para sostener a los conductores que están dispuestos a compresión o en voladizo. Están montados sobre la parte superior de la estructura metálica de soporte. La “c” hace referencia a aisladores cilíndricos de soporte exterior que están hechos de porcelana. Sus principales características se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Tipo de aislador de soporte

|  |  |
| --- | --- |
| **Aislador de soporte** | |
| Código identificador | c16\_1425 |
| Tensión nominal máxima | 420.0 kV |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 1425.0 kV |
| Mínima carga de rotura a flexión | 16.0 kN |

8.3. Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión del embarrado cuentan con un devanado secundario para medición y los otros dos devanados cumplen funciones de protección. Sus principales características eléctricas se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Características de los transformadores de tensión del embarrado

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los transformadores de tensión** | |
| Tipo | Transformador de tensión con tres devanados secundarios |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Relación de transformación | 275.0:√3 / 0.11 / 0.11 / 0.11 kV |
| Número de devanados secundarios | 3 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 25.0 VA, Cl 0.2 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Segundo núcleo) | 100.0 VA, Cl 3P |
| Potencia de salida y clase de precisión (Tercer núcleo) | 100.0 VA, Cl 0.5-3P |

8.4. Acople de barras

La subestación de doble barra permite la posibilidad de seleccionar cualquiera de los circuitos para el embarrado elegido. Los dos embarrados pueden funcionar de manera separada o con un acople de barras, cerrando y abriendo el interruptor instalado en él. El acople de barras está equipado con un interruptor junto con dos seccionadores, uno a cada lado del interruptor.

Las principales características de los seccionadores que están ubicados en el acople se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Principales características de los seccionadores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los seccionadores** | |
| Tipo | Seccionador tripolar exterior |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Corriente de corta duración admisible asignada | 50.0 kA |
| Valor de cresta de corriente admisible asignada | 125.0 kA |

Las principales características del interruptor que se instala en el acople se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Principales características de los interruptores

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de los interruptores** | |
| Tipo | Interruptor exterior tripolar de potencia |
| Medio aislante | Aire |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 275.0 kV |
| Tensión más elevada de la red | 300.0 kV |
| Intensidad nominal | 2000.0 A |
| Poder de corte asignado en cortocircuito | 50.0 kA |
| Poder de cierre asignado en cortocircuito | 125.0 kA |

9. SISTEMA DE ALTA / MEDIA TENSIÓN – TRANSFORMADOR DE POTENCIA

9.1. Transformador de potencia

Los transformadores de potencia elevan la tensión de las líneas de media de la planta FV para obtener una mayor eficiencia a la hora de transmitir o distribuir la electricidad. Las principales características de los transformadores de potencia se presentan en la Tabla 27.

El transformador de potencia instalado es un transformador de dos devanados.

Tabla 27. Las principales características del transformador

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Transformador** | **Relación de transformación** | **Capacidad** | **Impedancia de cortocircuito** | **Índice horario** |
| Num 1 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 2 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 3 | 275.0 / 20.0 kV | 80.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |
| Num 4 | 275.0 / 20.0 kV | 75.0 MVA | 12.5 % | Ydn11 |

9.2. Sistema PAT

El sistema de puesta a tierra se compone de una reactancia y una resistencia. La reactancia de puesta a tierra consiste en un transformador en zig-zag. Sus características se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Los componentes del sistema de puesta a tierra

|  |  |
| --- | --- |
| **Características del sistema PAT** | |
| **Reactancia** | |
| Corriente a tierra | 800.0 A |
| Reactancia PAT por fase | 4.6 Ω |
| Tiempo de falta | 10.0 s |
| **Resistencia** | |
| Resistencia PAT | 14.4 Ω |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 3150.0 A |
| **Transformador de intensidad** | |
| Intensidad nominal en el primario | 3000.0 A |
| Intensidad nominal en el secundario | 5.0 A |

9.3. Pararrayos

Las principales características del pararrayos que protege el devanado de media tensión del transformador, se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Pricipales características del pararrayos en el sistema de MT

|  |  |
| --- | --- |
| **Características del pararrayos** | |
| Tensión de aislamiento | 24.0 kV |
| Tensión asignada | 21.0 kV |
| Tensión de funcionamiento continuo | 16.8 kV |
| Sobretensión temporal (10s) | 21.6 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo maniobra | 47.0 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (10kA) | 54.4 kV |
| Nivel de protección a impulso de tipo rayo (20kA) | 61.0 kV |
| Corriente nominal de descarga | 10.0 kA |

10. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN

Un sistema de 20.0 kV formado por 1 celda/s de media tensión conecta la planta FV a la subestación. Un sistema de barra simple se ha elegido para las celdas de media tensión aisladas por gas. Sus características más importantes se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Principales características de la barra del sistema de MT

|  |  |
| --- | --- |
| **Características de la barra** | |
| Tensión nominal | 20.0 kV |
| Intensidad nominal | 3150.0 A |
| Corriente de cortocircuito | 25.0 kA |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |

Este sistema de MT está formado por un grupo de celdas cuya función se presenta a continuación.

10.1. Celdas de MT para las líneas de entrada

Estas celdas están equipadas con:

* Un (1) seccionador a tierra de tres posiciones.
* Un (1) interruptor.
* Un set de tres transformadores de corriente.

Las principales características de las celdas para líneas de entrada se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Principales características de las celdas de líneas de entrada

|  |  |
| --- | --- |
| **Celdas para líneas de entrada** | |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Interruptor** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Transformador de intensidad** | |
| Intensidad nominal del primario | 600.0 A |
| Intensidad nominal del secundario | 5.0 A |
| Número de devanados secundarios | 1 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 15.0 VA, Cl 0.2s |

10.2. Celdas de MT para las líneas de salida

Estas celdas están equipadas con:

* Un (1) seccionador a tierra de tres posiciones.
* Un (1) interruptor.
* Un set de tres transformadores de corriente.

Las principales características de las celdas para líneas de salida se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Principales características de las celdas de líneas de salida

|  |  |
| --- | --- |
| **Celdas para líneas de salida** | |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 3150.0 A |
| **Interruptor** | |
| Intensidad nominal | 3150.0 A |
| **Transformador de intensidad** | |
| Intensidad nominal del primario | 3000.0 A |
| Intensidad nominal del secundario | 5.0 A |
| Número de devanados secundarios | 1 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 15.0 VA, Cl 0.2s |

10.3. Celdas de MT para medición

Estas celdas están equipadas con:

* Un (1) seccionador a tierra de tres posiciones.
* Un transformador de tensión.

Las principales características de las celdas para medición se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Principales características de las celdas para medición

|  |  |
| --- | --- |
| **Celdas para medición** | |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Transformador de tensión** | |
| Relación de transformación | 20.0:√3 /0.11/0.11 kV |
| Número de devanados secundarios | 2 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Primer núcleo) | 25.0 VA, Cl 0.2 |
| Potencia de salida y clase de precisión (Segundo núcleo) | 100.0 VA, Cl 3P |

10.4. Celda de MT para servicios auxiliares

Esta celda está diseñada para conectar el transformador de servicios auxiliares de la subestación. Está equipada con:

* Un (1) seccionador a tierra de tres posiciones.
* Un (1) interruptor.

Las principales características de las celdas para los sistemas auxiliares se presentan en la Tabla 34.

Tabla 34. Principales características de las celdas para los servicios auxiliares

|  |  |
| --- | --- |
| **Celdas para servicios auxiliares** | |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Interruptor** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Transformador auxiliar** | |
| Tensión del devanado primario | 20.0 kV |
| Tensión del devanado secundario | 0.4 kV |
| Capacidad | 100.0 kW |

10.5. Banco de condensadores

Para compensar la potencia reactiva producida por el sistema, se ha dimensionado un banco de condensadores para mejorar el factor de potencia a la salida de los inversores. Este banco de condensadores automático se conectará a una celda que a su vez se conectará a la barra de MT.

* Un (1) seccionador a tierra de tres posiciones.
* Un (1) interruptor.
* Un set de tres transformadores de corriente.

Las características de los dispositivos mencionados se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. Componentes principales de la celda del banco de condensadores

|  |  |
| --- | --- |
| **Celda del banco de condensadores** | |
| **Seccionador** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Interruptor** | |
| Intensidad nominal | 630.0 A |
| **Transformador de intensidad** | |
| Intensidad nominal del primario | 400.0 A |
| Intensidad nominal del secundario | 5.0 A |
| Número de devanados secundarios | 1 |
| Clase de precisión (Primer núcleo) | 15.0 VA, Cl 0.2s |

Las características de uno de los bancos de condensadores se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. Componentes principales del banco de condensadores

|  |  |
| --- | --- |
| **Banco de condensadores** | |
| **Condensador** | |
| Tensión nominal | 20.0 kV |
| Tensión nominal a la entrada del condensador | 21.5 kV |
| Tensión máxima a la salida del condensador | 23.5 kV |
| Potencia reactiva | 9.17 MVAr |
| Número de condensadores | 4 |
| **Reactor de rechazo** | |
| Factor de rechazo | 7.0 % |
| Inductancia | 11.241 mH |
| Potencia reactiva | -0.64 MVAr |

Cada banco de condensadores podrá compensar la potencia reactiva de distintos sistemas. En la Tabla 37 se presenta la compensación de los bancos de condensadores por cada sistema.

Tabla 37. Compensación de reactiva por sistema

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Banco de condensadores** | **Transformador de MT** | **Líneas de MT** | **Transformador de potencia** | **Línea aérea** |
| Num 1 | 0 | 0 | 8525.85 kVA | 0 |
| Num 2 | 0 | 0 | 8806.52 kVA | 0 |
| Num 3 | 0 | 0 | 8529.95 kVA | 0 |
| Num 4 | 0 | 0 | 8528.12 kVA | 0 |

10.6. Cables

Los cables que conectan las celdas de media tensión con los transformadores de potencia se caracterizan como muestra la Tabla 38.

El objetivo al calcular las características del cableado eléctrico es minimizar las longitudes y secciones del cable. Las secciones se seleccionan de acuerdo con las normas IEC 60502-2 e IEC 60364-5-52.

Para dimensionar la sección de los cables, los criterios de corriente máxima admisible, caída de tensión y de cortocircuito se han considerado.

Tabla 38. Características de los cables

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Sección** | **Material conductor** | **Material aislante** | **Tipo de instalación** |
| 630 mm2 | Al | XLPE | Directamente enterrado |