

# Índice:

## DOCUMENTO 1: MEMORIA

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. JUSTIFICACION Y FINALIDAD DE LA INSTALACION

#### 1.2. OBJETO DEL PROYECTO

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN 132/20 KV

#### 2.1. GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

##### 2.1.1. Características básicas y emplazamiento.

##### 2.1.2. Hipótesis de diseño.

#### 2.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTALACION

#### 2.3. SISTEMA ELECTRICO

##### 2.3.1. Parque de 132 kV.

##### 2.3.2. Parque de 20 kV.

##### 2.3.3. Suministro y consumo de la subestación en BT.

#### 2.4. CONDUCTORES DE POTENCIA

##### 2.4.1. Línea de 132 kV.

##### 2.4.2. Embarrado rígido de 20 kV.

##### 2.4.3. Conductor aislado subterráneo 20 kV.

##### 2.4.4. Conductor aislado para el trafo auxiliar.

##### 2.4.5. Conductor aislado para batería de condensadores.

##### 2.4.6. Conductor suministro en baja tensión.

#### 2.5. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

##### 2.5.1. Características constructivas.

##### 2.5.2. Ensayos dieléctricos.

##### 2.5.3. Regulación de tensión.

##### 2.5.4. Transformadores de intensidad.

##### 2.5.5. Refrigeración.

##### 2.5.6. Protecciones del transformador.

##### 2.5.7. Mantenimiento.

##### 2.5.8. Normativa.



## 2.6. RED DE TIERRAS

- 2.6.1. Requerimientos del diseño.
- 2.6.2. Instalación de la red de tierra. Descripción.
- 2.6.3. Comprobaciones al final de la instalación.

## 2.7. ESTRUCTURAS METÁLICAS

- 2.7.1. Pórticos de entrada a transformadores.
- 2.7.2. Soportes de aparamenta.

## 2.8. INSTALACIONES

- 2.8.1. Vallado exterior.
- 2.8.2. Puerta principal de acceso al recinto.
- 2.8.3. Viales.
- 2.8.4. Drenajes.

## 2.9. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCION

- 2.9.1. Seccionadores.
- 2.9.2. Interruptores Automáticos.
- 2.9.3. Protección contra sobretensiones.
- 2.9.4. Transformadores de tensión.
- 2.9.5. Transformadores de intensidad.

## 2.10. BATERÍA DE CONDENSADORES

## 2.11. SERVICIOS AUXILIARES.

- 2.11.1. Servicios auxiliares de c.a.
- 2.11.2. Servicios auxiliares de c.c.
- 2.11.3. Mantenimiento.

## 2.12. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

## 2.13. OBRA CIVIL Y EDIFICACION

- 2.13.1. Movimiento de tierras.
- 2.13.2. Cimentaciones para aparamenta y pórticos.
- 2.13.3. Canalizaciones de cables.
- 2.13.4. Urbanización.

## 2.14. INSTALACION DE ALUMBRADO Y FUERZA

- 2.14.1. Alumbrado interior.
- 2.14.2. Alumbrado exterior.
- 2.14.3. Alumbrado de emergencia.

2.14.4. Fuerza.

## 2.15. SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUISMO

2.15.1. Sistema contraincendios.

2.15.2. Sistema antiintruismo.

## 3. NORMATIVA APLICADA

## 4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

# DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

## 1. OBJETO

## 2. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES 132 KV

### 2.1. JUSTIFICACIÓN ELÉCTRICA

2.1.1. Criterio de densidad de corriente.

2.1.2. Criterio de caída de tensión.

2.1.3. Elección del modelo de conductor.

### 2.2. CALCULOS DE EFECTO CORONA

### 2.3. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA

2.3.1. Tracción máxima admisible.

2.3.2. Flecha máxima.

## 3. ESTUDIO MECANICO DEL CABLE AEREO DE TIERRA

### 3.1. SELECCIÓN DEL CABLE

### 3.2. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA

## 4. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES 20 KV

### 4.1. TRAMO EN INTERPERIE

### 4.2. TRAMO SUBTERRANEO

4.2.1. Criterio de intensidad máxima admisible.

4.2.2. Criterio de caída de tensión.

### 4.3. INSTALACIÓN BLINDADA

### 4.4. TRAMO PARA TRANSFORMADOR AUXILIAR

- 4.4.1. Criterio de intensidad máxima admisible.
    - 4.4.2. Criterio de caída de tensión.
  - 4.5. TRAMO PARA BATERIA DE CONDENSADORES
    - 4.5.1. Criterio de intensidad máxima admisible.
    - 4.5.2. Criterio de caída de tensión.
  - 5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD
    - 5.1. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO.
    - 5.2. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SÍ.
    - 5.3. DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA.
    - 5.4. DISTANCIA DE LAS PARTES ACTIVAS DE EQUIPOS AL SUELO.
    - 5.5. DISTANCIA DE SEGURIDAD HORIZONTAL AL OPERARIO.
  - 6. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO
    - 6.1. ESQUEMA UNIFILAR
    - 6.2. POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO
      - 6.2.1. Cálculo de reactancias por unidad.
      - 6.2.2. Cálculo de la impedancia equivalente.
      - 6.2.3. Potencias de cortocircuito.
    - 6.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO
      - 6.3.1. Corrientes eficaces permanentes de cortocircuito.
      - 6.3.2. Corriente máxima de choque de cortocircuito.
    - 6.4. SITUACIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMATICOS.
    - 6.5. CAPACIDAD DE RUPTURA Y CONEXIÓN.
    - 6.6. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PARA INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS
  - 7. SELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS
    - 7.1. INTERRUPTOR PARA PARQUE 132 KV
    - 7.2. INTERRUPTOR PARA PARQUE 20 KV
    - 7.3. INTERRUPTOR PARA SUMINISTRO BAJA TENSION.
  - 8. COMPROBACIÓN RESISTENTE AL CORTOCIRCUITO.
-

- 8.1. JUSTIFICACION ELECTRODINAMICA
- 8.2. JUSTIFICACION TERMICA
- 9. DETERMINACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES.
  - 9.1. JUSTIFICACIÓN ELÉCTRICA
  - 9.2. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA
- 10. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA
- 11. CÁLCULO DE AUTOVALVULA-PARARRAYOS.
  - 11.1.JUSTIFICACIÓN PARA PARQUE DE 132 KV
  - 11.2.JUSTIFICACIÓN PARA PARQUE DE 20 KV
- 12. CÁLCULO E INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRAS
  - 12.1.DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE MÁXIMA DE P.A.T.
  - 12.2.DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA. SECCIÓN DEL CONDUCTOR.
  - 12.3.DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO REALES.
  - 12.4.DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO REGLAMENTARIAS.
  - 12.5.CONCLUSIONES.

### **DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES**

- 1. GENERALIDADES.
  - 1.1. DESCRIPCIÓN.
  - 1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.
- 2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS.
  - 2.1. CONTRATO.
  - 2.2. RESCISIÓN DEL CONTRATO.
    - 2.2.1. Rescisión del contrato de algunas de las partes.
    - 2.2.2. Resolución unilateral del contrato.



- 2.3. INDEMNIZACIONES-RECLAMACIONES.
- 2.4. SEGUROS.
  - 2.4.1. Seguros de construcción.
  - 2.4.2. Otros seguros.
- 2.5. JURISDICCIÓN Y FUERO DEL CONTRATO.
- 2.6. FUERZA MAYOR.
- 2.7. CONCURSO Y ADJUDICACIÓN.
  - 2.7.1. Plazo de entrega y ejecución.
- 3. CONDICIONES ECONÓMICAS
  - 3.1. LIQUIDACIONES.
  - 3.2. LIQUIDACIONES EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.
  - 3.3. PRECIOS Y CONDICIONES DE PAGO.
    - 3.3.1. Certificaciones.
  - 3.4. PLAZOS Y PENALIDADES.
    - 3.4.1. Programación de los trabajos.
    - 3.4.2. Plazo de ejecución.
    - 3.4.3. Prórroga del plazo de ejecución.
  - 3.5. PROGRESO DE LOS TRABAJOS.
  - 3.6. ATRASOS DEL CONTRATISTA.
  - 3.7. PENALIDADES POR RETRASO.
  - 3.8. FIANZA Y PLAZO DE GARANTÍA.
  - 3.9. CLAUSULAS FINANCIERAS.
- 4. CONDICIONES FACULTATIVAS
  - 4.1. MANO DE OBRA.
  - 4.2. MATERIALES.
    - 4.2.1. Acopio de materiales.
    - 4.2.2. Inspección y medidas previas al montaje.
    - 4.2.3. Variaciones y cambio de materiales.
    - 4.2.4. Protección.

- 4.2.5. Certificaciones de materiales.
- 4.2.6. Comprobación de materiales.
- 4.3. HERRAMIENTAS.
- 4.4. PLANOS.
- 4.5. NORMATIVA.
- 4.6. SEGURIDAD E HIGIENE.
- 4.7. SUBCONTRATISTAS.
- 4.8. RIESGOS.
- 4.9. REALIZACIÓN Y CONTROL DEL DISEÑO.
  - 4.9.1. Realización.
  - 4.9.2. Definición de los requisitos de partida.
  - 4.9.3. Asignación de las responsabilidades.
  - 4.9.4. Especificaciones del diseño.
  - 4.9.5. Ingeniería básica.
  - 4.9.6. Ingeniería del detalle.
  - 4.9.7. Revisión del diseño.
  - 4.9.8. Dossier final.
- 4.10. INSPECCIONES DURANTE LA INSTALACIÓN.
  - 4.10.1. Autocontrol.
  - 4.10.2. Inspecciones programadas.
- 4.11. INSPECCIÓN FINAL.
- 4.12. RECEPCIÓN DE SUMINISTROS.
  - 4.12.1. Realización.
- 4.13. RECEPCIÓN DEL SISTEMA.
  - 4.13.1. Recepción provisional.
  - 4.13.2. Recepción definitiva y garantía.
- 5. CONDICIONES TÉCNICAS
  - 5.1. OBJETO.
  - 5.2. ENSAYOS Y PRUEBAS.

## **DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO**

1. INTRODUCCIÓN
2. MATERIALES
  - 2.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA
  - 2.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS
  - 2.3. SISTEMA DE 132 KV
  - 2.4. SISTEMA DE 20 KV
  - 2.5. CONTROL, PROTECCIONES, AUTOMATISMOS Y MEDIDAS.
  - 2.6. SERVICIOS AUXILIARES
  - 2.7. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS
  - 2.8. ELEMENTOS VARIOS
3. OBRA CIVIL
4. MONTAJE
5. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD
6. RESUMEN DE PRESUPUESTO
  - 6.1. EQUIPOS Y MATERIALES
  - 6.2. OBRA CIVIL
  - 6.3. MONTAJE
  - 6.4. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

## **DOCUMENTO 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

1. MEMORIA
  - 1.1. OBJETO DE LA MEMORIA
    - 1.1.1. Interferencias con servicios
  - 1.2. ACTIVIDADES
  - 1.3. EQUIPOS DE TRABAJO
    - 1.3.1. Maquinaria
    - 1.3.2. Elementos

#### 1.4. RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

1.4.1. Actividades

1.4.2. Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para maquinaria

1.4.3. Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para elementos auxiliares

#### 1.5. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

1.5.1. Primeros auxilios

1.5.2. Medicina preventiva

1.5.3. Evacuación de accidentados

1.5.4. Servicios comunes

#### 1.6. FORMACIÓN

### 2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1. GENERALIDADES

2.2. NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS

2.3. UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MAQUINARIA, UTILES Y HERRAMIENTAS.

2.4. UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD

2.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN A UTILIZAR EN LA OBRA

2.5.1. Protección colectiva

2.5.2. Protección individual

2.5.3. Señalización de los riesgos del trabajo

### **ANEXOS:**

#### **ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA.**

#### **ANEXO 2: PLANOS.**

Plano 1: Situación.

Plano2: Emplazamiento.

Plano 3: Cotas y Superficie.

Plano 4: Planta General de la Instalación.

- Plano 5: Planta de Secciones.
- Plano 6: Alzado transversal. Sección AA'.
- Plano 7: Alzado longitudinal. Sección BB'.
- Plano 8: Red mallada de toma a tierra.
- Plano 9: Distribución de zanjas y canalizaciones eléctricas.
- Plano 10: Cimentaciones y sección de zanjas.
- Plano 11: Esquema unifilar 132 kV.
- Plano 12: Esquema unifilar 20 kV.
- Plano 13: Esquema de celdas 20 kV.
- Plano 14: Distribución de baja tensión.
- Plano 15: Edificio de control.
- Plano 16: Distribución de celdas.
- Plano 17: Iluminación del parque de 132 kV.

## Agradecimientos

En estos cinco años de formación universitaria, como es evidente, han surgido complicaciones. Estas son aquellas que hace a uno más fuerte y verdaderamente nos hace crecer como persona y como profesional. Pero en estos momentos duros y difíciles, de estrés, de agobios y falta de tiempo es donde aparecen aquellas figuras que ponen su hombro y su brazo para ayudar a levantarte.

En el ámbito familiar tengo que agradecer a mi padre, Francisco Sánchez, todos aquellos consejos que me ha dado y me seguirá dando con respecto a la electricidad, pues él fue quien hizo que me picara el gusanillo con la Ingeniería Eléctrica. A mi madre y hermana, Maribel y Ana, por impulsarme a estudiar y preguntarme por mis exámenes. A mis abuelos y la tita Paquita, por la labor extraordinaria que han hecho tanto económicamente como religiosa, pues desde que empecé a estudiar no han hecho más que pedir por mí.

En el ámbito académico, agradecer a mis tutores, Francisco de Asís Ruz Vila y Juan Martínez Tudela por dedicar un tiempo a mi proyecto y poder escuchar mis dudas y ayudarme a resolverlas y comprenderlas. También por darle más importancia a mi aprendizaje que al proyecto en sí.

También quisiera nombrar a todos aquellos que no he nombrado y también me han ayudado en estos duros años pero por no extenderme no los mencionaré. Gracias de verdad.

Por último, y no por ello menos importante, sino justo lo contrario. A la persona que me hace el día a día más agradable y que de verdad ha estado junto a mí desde que empecé la carrera, que me ha despertado para estudiar, que me ha llevado a la biblioteca y me ha traído, y que por supuesto me ha ayudado y enseñado a estudiar. A mi novia, María Morera Ayala, gracias por quererme tanto y estar a mi lado siempre.



# **DOCUMENTO 1: MEMORIA**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN**

La demanda de energía en el Término Municipal de Fuente Álamo se ha visto incrementada en los últimos años, especialmente en las proximidades del núcleo urbano, debido entre otros al incremento de población, establecimiento de nuevas PYMES, incremento de la profundidad en los pozos para riego, actividades en canteras y de cara al futuro, el proyecto de polígonos tanto residenciales como industriales cuyas tramitaciones están ya en proceso.

La saturación de la red y la distancia de otras subestaciones eléctricas hacen poco rentable y con poca garantía de calidad el suministro de nuevas altas desde las otras subestaciones.

El dar un buen servicio a los clientes en un entorno cada vez más competitivo como es el Sector Eléctrico y la de poder suministrar la demanda de energía, justifica la inversión de realizar una nueva subestación transformadora de 132/20 kV.

Además la nueva ST podrá cubrir paradas por mantenimiento programado 6 averías con lo que se podrá cubrir tales contingencias en las instalaciones actuales de Mazarrón, El Alujón y Alhama de Murcia. A tal efecto, la nueva ST estará interconectada con la red actual de 20 kV.

El trabajo está pues basado en la construcción de una subestación transformadora de tensión 132/20 kV extramuros de la población de Fuente Álamo.

### **1.2. OBJETO DEL PROYECTO**

El objetivo general del trabajo es la realización del proyecto de la subestación mencionada en la parte correspondiente al sistema eléctrico de potencia y obra civil necesaria.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN 132/20 KV**

### **2.1. GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO**

#### **2.1.1. Características básicas y emplazamiento.**

La subestación se encontrará emplazada extramuros de la población de Fuente Álamo, en la Región de Murcia.

Se construirá en una parcela ocupando 1617 m<sup>2</sup> (49 metros de largo x 33 metros de ancho), superficie necesaria para la realización de la construcción. Esta parcela se encontrará situada a menos de 500 metros sobre el nivel del mar (zona A según R.L.A.T.), ya que las distancias de seguridad y los diferentes datos que aparecen en este documento parten de esta condición.

### **2.1.2. Hipótesis de diseño.**

#### **2.1.2.1. Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales del emplazamiento apropiado serán las siguientes:

- Altura sobre el nivel del mar.....<500m
- Tipo de zona.....A (según R.L.A.T.)
- Temperaturas extremas.....+50°C/-15°C
- Contaminación ambiental.....Media II (según R.L.A.T.)
- Nivel de niebla.....Bajo-Medio
- Coeficiente sísmico básico.....≥0.04g
- Línea de fuga.....20mm/kV

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se considerará viento horizontal con velocidad máxima de 120 km/h.

La subestación se encuentra a menos de 500 m sobre el nivel del mar, con lo que se adoptarán sobrecargas correspondientes a la zona A.

#### **2.1.2.2. Datos de cortocircuito**

A efectos de cálculo de esfuerzos térmicos y dinámicos de cortocircuito, se considerará una potencia de cortocircuito de 3500 MVA en el parque de 132 kV y con una duración máxima de 0.5 segundos en ambos parques.

#### **2.1.2.3. Datos del terreno a efectos de red de tierras**

A efectos de cálculo se considerará una resistividad eléctrica del terreno de 100 Ω.m y una resistividad térmica de 1.5 K.m/W.

### **2.1.3. Requisitos y configuración de la Subestación Transformadora.**

Las condiciones impuestas para realizar este proyecto de diseño de la subestación transformadora son las de cumplir los siguientes requisitos y configuraciones:

- Sistema de 132 kV, en intemperie, con esquema de simple barra partida por seccionador, compuesto por:

- 2 posiciones de línea, incluyendo: seccionador de línea, seccionador de barras, seccionador de puesta a tierra e interruptor. Estas líneas son correspondientes a la conexión de las líneas de Asomada y Lorca.
- 2 posiciones de transformador, incluyendo: seccionador de línea, seccionador de barras e interruptor.
- 1 posición de enlace en barras, que incluye un seccionador partidor de barras.
- Transformadores de potencia
  - 2 unidades de 132/20 kV de 40 MVA con regulación en carga de 14 posiciones en el primario.
- Sistema de 20 kV, con esquema de simple barra partida, tipo interior, con celdas blindadas de aislamiento en aire o SF6, compuesto por dos módulos o semibarras e interruptores enchufables:
  - Módulo 1 (Barras 1)
    - 8 celdas de línea.
    - 1 celda de transformador de potencia.
    - 1 celda de servicios auxiliares.
    - 1 celda de batería de condensadores.
    - 1 celda de medida.
    - 1 celda de acoplamiento y unión de barras.
  - Módulo 2 (Barras 2)
    - 8 celdas de línea.
    - 1 celda de transformador de potencia.
    - 1 celda de servicios auxiliares.
    - 1 celda de batería de condensadores.
    - 1 celda de medida.

Además en Media Tensión se incluirán:

- 2 transformadores de servicios auxiliares, tipo intemperie, 20/0.4-0.24 kV, 100 kV.
- 2 baterías de condensadores en intemperie, con una potencia de 7.2 MVAR cada una.

- 2 reactancias trifásicas de puesta a tierra en la salida de 20 kV de los transformadores de potencia.

Cada una de estas posiciones de 132 y 20 kV estará debidamente equipada con los elementos de maniobra, medida y protección necesarios para su operación segura.

En cuanto a los servicios auxiliares, se debe diseñar y calcular los sistemas de iluminación interior y exterior, la red de puesta a tierra, y el sistema contra incendios.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

La subestación transformadora, dispone de dos líneas de alimentación a una tensión nominal entre fases de 132 kV, cada una de ellas proviene de Asomada y Lorca respectivamente.

Mediante dos transformadores de gran potencia, se reducirá la tensión de entrada de 132 kV a 20 kV para poder distribuir toda esta energía a las zonas requeridas.

Cada módulo de barras de 20 kV dispondrá de: 8 líneas de potencia de 5250 kVA cada una, 1 celda de servicios auxiliares y un equipo de batería de condensadores de 7.2 MVAR instalado a la intemperie.

Cada celda de servicios auxiliares llevará conectada un transformador auxiliar de 20/0.4 kV de 100 kVA de potencia, para disponer de la energía necesaria que alimente la subestación transformadora.

## 2.3. SISTEMA ELÉCTRICO

### 2.3.1. Parque de 132 kV.

El suministro de energía se realiza mediante dos líneas eléctricas de entrada de 132 kV procedentes de la Asomada y Lorca. Tanto las líneas de entrada como el parque de 132 kV son instalaciones a la intemperie. Los equipos que forman este parque son los siguientes:

En la entrada al parque de 132 kV (para cada una de las dos líneas de entrada):

- 3 Transformadores de tensión de 132 kV.
- 1 Seccionador tripolar con puesta a tierra.
- 3 Transformadores de intensidad de 132 kV.
- 1 Interruptor tripolar automático de 132 kV.

- 1 Seccionador tripolar a barras de 132 kV.

Un conjunto de barras simples con:

- 1 Seccionador de dos polos de 132 kV.

Tramo de línea hasta la llegada al transformador:

- 1 Seccionador tripolar a barras de 132 kV.
- 1 Interruptor tripolar de 132 kV.
- 3 Transformadores de intensidad de 132 kV.
- 3 Pararrayos e 132 kV.

### **2.3.2. Parque de 20 kV.**

Este tramo está formado por las líneas procedentes de las bornas de 20 kV del transformador que llegan al edificio de control y el embarrado que se haya dentro que derivará en 8 líneas procedentes de cada transformador respectivamente y darán servicio al núcleo del municipio de Fuente Álamo.

Por tanto tenemos para cada transformador:

Tramo de las bornas de 20 kV del transformador al edificio de control:

- 1 Reactancia tipo “zig-zag” para la puesta a tierra del neutro.
- 3 Conductores rígidos desnudos en intemperie.
- 12 Conductores aislados (4 por fase) subterráneos.

En el edificio de control, un módulo de barras formado por:

- 1 Celda de entrada del transformador.
- 8 Celdas de líneas.
- 1 Celda de servicios auxiliares.
- 1 Celda de batería de condensadores.
- 1 Celda de medida.
- 1 Celda de acoplamiento y unión entre barras.

Las celdas seleccionadas son de la casa Mesa y están preparadas para soportar la tensión de 20 kV y la corriente correspondiente. El conductor estará aislado con el gas SF6. Las características técnicas son las siguientes:

Tensión nominal (kV)		24
Nivel de aislamiento (kV)	A frecuencia industrial	50
	A onda de choque tipo rayo	125
Intensidad nominal (A)	Embarrado	2000
	Derivaciones	630
Intensidad nominal de corte (kA)	25/31,5	
Capacidad de cierre en cortocircuito (kA)	63/80	
Intensidad nominal de corta duración (kA/s)	25/3	
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C (bar)	0.3	
Grado de protección	Compartimentos de AT	IP65

Tabla 1. Características técnicas generales de las celdas blindadas.

### 2.3.3. Suministro y consumo de la Subestación en BT.

El consumo de la subestación será abastecido por dos transformadores de 100 kVA cada uno. Estos transformadores se encontrarán instalados a la intemperie y estarán conectados cada uno de su módulo correspondiente mediante instalación subterránea hasta el exterior donde se encuentra el transformador. Posteriormente, el transformador, que nos proporciona una energía en baja tensión 400-240 V, suministrará la energía suficiente al cuadro general de alimentación de la subestación que se encontrará dentro de la subestación para abastecer a los servicios auxiliares de la subestación, como son la iluminación, los cuadros de control y el aire acondicionado.

## 2.4. CONDUCTORES DE POTENCIA

### 2.4.1. Línea de 132 kV.

El conductor seleccionado para este tramo que comprende hasta la entrada en bornes del transformador de potencia será el conductor 242-AL1/39-ST1A, también llamado conductor LA-280 HAWK. Hemos seleccionado este conductor flexible debido a la simplicidad de la subestación y por las ventajas económicas que presta respecto al conductor rígido. Las características técnicas de este conductor son las que se muestran en la siguiente tabla:

Secciones (mm <sup>2</sup> )	Aluminio	241.7
	Acero	39.4
	Total	281.1
Número de alambres	Aluminio	26
	Acero	7
Diámetros (mm)	Alma	8.04
	Conductor	21.8
Masa lineal (kg/km)	977	
Carga de rotura (daN)	8450	

Resistencia ( $\Omega/\text{km}$ )	a 20°C	0.112
Módulo de elasticidad ( $\text{daN}/\text{mm}^2$ )	E	7500
Coefficiente de dilatación lineal ( $^{\circ}\text{C}\times 10^{-6}$ )	$\alpha$	18.9
Densidad de corriente ( $\text{A}/\text{mm}^2$ )		2.06
Intensidad de corriente (A)		581.2

Tabla 2. Características técnicas del conductor LA-280.

#### 2.4.2. Embarrado rígido de 20 kV.

Con el fin de que toda la intensidad sea admisible en un único conductor a la salida de los bornes de baja tensión del transformador de potencia, se seleccionó un conductor rígido de cobre con las siguientes características.

Diámetro exterior	60 mm	Intensidad máxima admisible	1550 A
Diámetro interior	50 mm	Momento resistente	10.96 $\text{cm}^3$
Sección nominal	865 $\text{mm}^2$	Momento de inercia	32.88 $\text{cm}^4$
Peso	7.7 $\text{kg}/\text{m}$	Módulo de elasticidad	12245 $\text{kg}/\text{cm}^2$
Longitud del conductor	5 m	Tensión de rotura	3775.5 $\text{kg}/\text{cm}^2$
Separación de los conductores	60 cm	Presión del viento	50 $\text{kg}/\text{m}^2$

Tabla 3. Características técnicas del conductor rígido.

#### 2.4.3. Conductor aislado subterráneo 20 kV.

El conductor seleccionado para el transporte de la energía hasta el edificio de control, será el HEPRZ1 12/20 kV con sección de 400  $\text{mm}^2$  que soporta 450 A. Será instalado bajo zanja prefabricada de hormigón a 1 metro de profundidad, con resistividad térmica del terreno de 1.5  $\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$ , y una temperatura media del terreno de 25°C. Como la intensidad que suministra el transformador de potencia es muy elevada, se utilizarán cuatro conductores de este modelo por fase para suministrar toda la energía al edificio de control.

Se instalarán 2 cables de fase por tubo, respectivamente para cada fase, y en una altura inferior se instalarán otra tanda idéntica pero con las fase distribuidas de manera opuesta, con el fin de equilibrar el campo magnético generado.

#### 2.4.4. Conductor aislado para el trafo auxiliar.

Este conductor se instalará al igual que el anterior, en instalación subterránea en zanja prefabricada de hormigón junto a la línea del otro transformador auxiliar,

con un conductor de AL HEPR-Z1 de 12/20 kV sin armadura de sección 16 mm<sup>2</sup> que soportará 76 A.

Es un conductor sobre dimensionado puesto que la potencia a suministrar es pequeña y la tensión de suministro es elevada.

#### **2.4.5. Conductor aislado para batería de condensadores.**

Esta instalación será similar a la instalación de las líneas de alimentación de los transformadores auxiliares. Irán bajo zanja prefabricada de hormigón ambas líneas (TFX-1 y TFX-2). El cable seleccionado para el suministro de las baterías de condensadores es el AL HEPR-Z1 12/20 kV con sección de 120 mm<sup>2</sup> que soporta 295 A, válido para la instalación. Además cada terna de cables irá bajo tubo.

#### **2.4.6. Conductor suministro en baja tensión.**

Desde los transformadores auxiliares saldrán dos circuitos en paralelo que serán instalados bajo zanja prefabricada de hormigón hasta el cuadro general de alimentación de la Subestación. Se instalará bajo tubo cada una de las ternas de cables. El conductor seleccionado es el RV AL 150 mm<sup>2</sup> XLPE.

### **2.5. TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

Para la transformación de 132/20 kV se ha previsto el montaje de dos transformadores de potencia, trifásicos, de columnas, en baño de aceite, tipo intemperie. El transformador podrá disponer de un devanado suplementario de 0,22 kV para autoalimentarse en lo que se refiere a ventilación y regulación.

El régimen de funcionamiento que se le exige en un principio es de 20% de su potencia nominal aunque en picos de potencia no superiores a 2 horas el transformador podrá alimentar los circuitos en un régimen de 140%.

#### **2.5.1. Características constructivas**

Las características constructivas esenciales son:

- Tipo de servicio.....continuo
- Refrigeración.....ONAN/ONAF
- Potencia nominal.....30/40 MVA
- Tensiones en vacío:
  - Primario.....132±10% kV
  - Secundario.....21.5 kV
- Frecuencia.....50 Hz
- Conexión.....Estrella/triángulo

- Grupo de conexión.....YNd11
- Tensión de cto. Para relación 132/20 kV.....13,5%

### 2.5.2. Ensayos dieléctricos

Aunque el transformador dispone de válvulas de alivio de sobretensiones tanto en el devanado primario como en el secundario, debe de cumplir unos ciertos niveles de aislamiento en caso de fallo de los elementos de alivio.

Los bobinados serán calculados para los siguientes niveles de aislamiento:

- Niveles a impulso tipo rayo
  - Primario.....550 kV
  - Secundario.....125 kV
  - Neutro del primario.....125 kV
- Tensión aplicada durante 1 minuto, 50 Hz.
  - Primario.....230 kV
  - Secundario.....50 kV
  - Neutro del primario.....50 kV

### 2.5.3. Regulación de tensión

El transformador va provisto de regulación de tensión en carga, tipo JANSEN, que actúa sobre el devanado primario (132 kV), accionado por motor.

La regulación puede obtenerse en  $\pm 10\%$  mediante las 17 posiciones del regulador.

El transformador estará provisto de un circuito de control que evite la regulación en carga de la máquina en condiciones de corriente superiores a la intensidad nominal.

#### 2.5.3.1. **Protecciones**

La protección de los reguladores se realiza mediante un relé Bulchholz-Janssen situado en el conducto de unión entre el depósito de expansión del dieléctrico y la cuba del regulador. El citado relé dispondrá de dos niveles:

1º Nivel. Obtendrá una señal de alarma por paso de burbujas de gas por el relé, esta alarma tendrá señalización tanto en la propia subestación (alarma local) como en el Centro de Control Alarma remota.

2º Nivel. Genera una señal de disparo, la cual actuará el relé maestro que aislará el transformador tanto en 132 como en 20 kV. La reposición del relé maestro debe ser manual y no se podrá cerrar los interruptores de alta y baja por telemando.

#### **2.5.3.2. Mantenimiento**

El periodo de mantenimiento de estos reguladores se establece en un tiempo de 3 años o bien 20.000 maniobras. En el mantenimiento de los mismos se deberá sustituir el medio dieléctrico y comprobar el estado de los contactos del regulador, comprobando que cumplen las tolerancias exigidas por el fabricante, cambiando los mismos en su defecto.

#### **2.5.4. Transformadores de intensidad.**

En bornas de 132 kV y 20 kV van incorporados transformadores de intensidad tipo “Bushing”, de las siguientes características:

- En bornas de 132 kV:
  - 3 T/i tipo BM relación 200/5 A, 20 VA, CI 0.5
  - 3 T/i tipo BR relación 200/5 A, 30 VA, 5P20
- En bornas de 20 kV:
  - 3 T/i tipo BM relación 1200/5 A, 20 VA, CI 0.5
  - 3 T/i tipo BR relación 1200/5 A, 30 VA, 5P20

En la borna de neutro de A.T. (132 kV) va incorporado un transformador BR, relación 300/5 A, 30 VA, 5P20. Dicha borna es accesible y estará conectada directamente a tierra.

Los transformadores de intensidad alimentarán los circuitos de intensidad de la protección diferencial del transformador, ya que el aparellaje que usa este tipo de protecciones debe de ser dedicado, y para evitar aperturas de trafo innecesarias por la confluencia de otras protecciones sobre la protección diferencial.

#### **2.5.5. Refrigeración.**

La refrigeración del transformador es ONAF mediante radiadores adosados a la cuba (con independización mediante válvulas) y motoventiladores accionados por termostato.

Se disponen de dos radiadores por cada máquina, éstos a su vez disponen de un motoventilador de 2kW protegido con un magnetotérmico. El accionamiento de los ventiladores se realiza mediante un termómetro tarado a una temperatura de 65°C. La circulación de aceite por los radiadores se realiza por convección natural.

El disparo de los magnetotérmicos de los motoventiladores debe de generar una señal de alarma tanto en local como en telemando.

### **2.5.6. Protecciones del transformador**

Las protecciones propias del transformador constan del siguiente equipo:

- Dos indicadores magnéticos de nivel de aceite, uno para el aceite del transformador y otro para el aceite del regulador. Cada uno de los indicadores dispone de contacto de alarma, de nivel bajo. Las alarmas irán destinadas a la señalización local como a la señalización remota. La actuación de cualquiera de estas alarmas no causará disparo de los interruptores de la máquina.
- Dispositivo liberador de presión con contactos de alarma y disparo. Ambos contactos irán destinados únicamente a señalización tanto local como remota, no producirán aislamiento de la red de la máquina.
- Relé Buchholz de dos flotadores con contacto de alarma y disparo. Esta protección en su primer nivel generará una alarma local y remota. En su segundo nivel producirá una energización del relé maestro que aislará el transformador en el devanado de AT y BT. La reposición de la máquina no podrá ser realizada mediante una orden remota.
- Termómetro de contacto indicador de temperatura del aceite del transformador, con tres microinterruptores ajustados con los siguientes usos: conexión de la ventilación forzada, alarma de temperatura primer nivel, alarma de temperatura segundo nivel, la alarma debe de originar señalización remota y señalización local. Esta protección no causará disparo de la máquina.
- Protección diferencial. La protección diferencial nos dará al mismo tiempo un disparo de la máquina y una señalización, tanto en local como remota. Esta protección protege a la máquina de posibles derivaciones en su interior, la actuación de dicha protección activará el relé maestro que no permitirá la reposición remota de la máquina.

- Sobreintensidad de fase. En ambos devanados se conectarán un relé de sobreintensidad para cada fase. Seis en total. Estos relés actuarán de forma autónoma cuando detecten una sobreintensidad en cualquier devanado de la máquina, abriendo el interruptor correspondiente para protección de la máquina. La reposición de la máquina podrá realizarse remotamente. Ante un cierre del interruptor de BT la protección de sobreintensidad instantánea bloqueará su actuación durante 0.4 segundos para evitar cerrar la máquina por efectos transitorios.
- Sobreintensidad de neutro. Se colocarán tres protecciones de neutro. Una en el neutro de cada circuito de intensidad alta y baja tensión y otro en el bushing de la borna de neutro. Estos circuitos protegerán a la máquina de las faltas a tierra y abrirán el interruptor correspondiente (AT o BT).

### **2.5.7. Mantenimiento**

Las gamas de mantenimiento del transformador se especifican a continuación:

- Mantenimiento periódico (trienal). En este mantenimiento se realiza principalmente una prueba de todos los circuitos eléctricos, reparación de pequeñas fugas y actuación manual de todas sus protecciones.
- Mantenimiento predictivo (bianual). Análisis físico-químico y cromatografía de gases del aceite. En este ensayo se analizan mediante una muestra del fondo de la cuba las propiedades del elemento dieléctrico para así determinar posibles puntos calientes de los devanados.
- Mantenimiento predictivo (quinquenal). En este mantenimiento se miden la resistencia de devanados, se calcula la relación de transformación, se comprueba la  $\text{tg}\delta$  de las bornas, se miden capacidades entre devanados. Comprobando los resultados con los de fabricación.

### **2.5.8. Normativa**

En general, tanto los transformadores como los autotransformadores de potencia conectados a una red trifásica, serán del tipo de máquina trifásica, si bien se admitirán los bancos constituidos por tres unidades monofásicas.

Para pequeñas potencias podrán emplearse transformadores monofásicos o agrupaciones de estos cuando sea aconsejable.

Los transformadores de potencia construidos a partir de un año de la entrada en vigor de esta instrucción deberán cumplir con la norma UNE 20101.

Los transformadores trifásicos en baño de aceite para distribución en baja tensión hasta 2500 kVA y tensión primaria más elevada para el material de 3.6 a 36 kV, construidos a partir de un año de la entrada en vigor de esta instrucción, cumplirán con la norma UNE 20138.

De cada transformador deberá existir el correspondiente protocolo de ensayos, certificado por el fabricante.

Los grupos de conexión de los transformadores de potencia se fijaran de acuerdo con la norma UNE 20101, debiéndose elegir el más adecuado para el punto de la red donde se instale el transformador.

El grupo de conexión de los transformadores trifásicos para distribución en baja tensión hasta 2500 kVA y tensión primaria más elevada para el material de 3.6 a 36 kV, estará de acuerdo con la norma UNE 20138.

En el caso de autotransformadores su conexión será en estrella, recomendándose la puesta a tierra directa del neutro, y de no ser esto posible o conveniente, la conexión a tierra se realizará a través de un descargador apropiado.

Los transformadores conectados directamente a una red de distribución pública deberán tener un grupo de conexión adecuado, de forma que los desequilibrios de la carga repercutan lo menos posible en la red de baja tensión.

Tanto los transformadores como los autotransformadores podrán disponer de un dispositivo que permita, en escalones apropiados, la regulación en carga de la tensión para asegurar la continuidad del servicio.

Se admite también la existencia de una regulación de tensión sin servicio, máquina sin servicio, a fin de adaptar su relación de transformación a las exigencias de la red. Se ha de procurar que esta operación se realice desde el exterior, sin tener que recurrir a levantar la tapa de la máquina.

Los transformadores de potencia, si disponen de ruedas, deberán tenerlas bloqueadas durante su normal funcionamiento.

Todos los cables de fuerza, control y señalización instalados exteriormente al transformador o autotransformador y que forman conjunto de él, deberán ser resistentes a la degradación por líquidos aislantes, agentes meteorológicos y no propagaran la llama.

En el caso de grandes transformadores, y a fin de evitar el deterioro de uno de ellos por la proyección de aceite u otros materiales al averiarse otro muy próximo, se procurará instalar una pantalla entre ambos de las dimensiones y resistencia mecánica apropiadas.

## 2.6. RED DE TIERRAS

### 2.6.1. Requerimientos de diseño.

El diseño del sistema de tierras debe cumplir con los siguientes requisitos importantes:

- Proteger al equipo y personal, de potenciales peligrosos (contacto, de paso y transferencia), en todas las condiciones de operación.
- Suministrar un camino de tierra a las corrientes debidas a las descargas atmosféricas.
- Proveer una trayectoria de baja impedancia para el regreso de las corrientes de falla, para que los dispositivos de protección de sobrecorriente puedan actuar rápidamente y limpiar el circuito fallado.
- Prever control de sobrevoltajes.
- Proporcionar una referencia de potencial a tierra a todos los equipos y sistemas que lo requieran para conducir las corrientes de cortocircuito que se presenten en cualquiera de éstos y descargar rápidamente las sobretensiones creadas por cualquier causa.
- Proporcionar una trayectoria de descarga de las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas y por maniobras de interruptores, en general todas aquellas que pongan en riesgo la seguridad del personal.

A la malla se conectarán todos los soportes metálicos y bornas de p. a t. del aparellaje a montar.

### 2.6.2. Instalación de la red de tierra.

El parque de 132 kV dispone de una malla de puesta a tierra, formada por conductor de cobre desnudo de 95 mm<sup>2</sup> de sección, formando una cuadrícula de 3x3m enterrada a 0,8m de profundidad, ocupando toda la superficie del recinto de aproximadamente 1617 m<sup>2</sup>. Para reforzar la puesta a tierra en el perímetro de la malla hay dispuestas piquetas de 20 mm de diámetro. Todas las uniones de cable, realizada en la malla de tierra, estarán ejecutadas con soldadura aluminotérmica.

A la malla de tierra se conectan todas las partes metálicas de la receptora y todos los bornes de P. a T. de los equipos A.T./B.T.

Para mejorar las tensiones de contacto desde el exterior de la valla metálica de la SE., la malla general de tierras se extiende hasta 1 m por fuera de la valla.

Para protección contra las descargas atmosféricas, hay instalados cables de guarda situados en la parte superior de la estructura metálica. El cable utilizado es de acero recubierto de aluminio, tipo Guarda de 50 mm<sup>2</sup>

Se garantiza que las tensiones de paso y de contacto en el interior del recinto o en sus proximidades estén dentro de los límites marcados en el Reglamento de Alta Tensión (Instrucción Técnica complementaria MIE RAT-13). La normativa aplicada para estos cálculos es la vigente en Junio de 2014, que es cuando se realizaron dichos cálculos.

### **2.6.3. Comprobaciones al final de la instalación.**

- Comprobación mediante medición que el valor de la resistencia de la red de tierras es igual o menor al obtenido en los anexos, en el apartado de cálculos.
- Comprobación de que las tensiones de contacto, de paso y de transferencia, que se presentan (iguales o mejores a las obtenidas en los cálculos), permiten la completa seguridad del personal operativo.
- Comprobación, para el caso de las zonas donde se ubica equipo electrónico, que el valor de la resistencia de la red de tierras, sea lo suficientemente baja para eliminar las interferencias a estos equipos por las sobretensiones transitorias.

## **2.7. ESTRUCTURAS METÁLICAS**

### **2.7.1. Pórticos del parque de 132 kV.**

La estructura del pórtico será del tipo celosía y cumplirá con la normativa de Grupo IBERDROLA siendo sus características y dimensiones las que están reflejadas en los planos de proyecto.

La fijación de la estructura al suelo será tal y como viene reflejada en los planos de proyecto.

### **2.7.2. Soportes de aparamenta**

Las estructuras metálicas a utilizar para la fijación de los distintos equipos que forman parte de las instalaciones de A.T. serán igualmente del tipo de celosía e iguales a las reflejadas en los planos para su dimensionado se deberá tener en consideración todas y cada una de las solicitudes que intervengan en cada caso así como a las condiciones meteorológicas de la zona.

Los soportes cumplirán con la normativa correspondiente del Grupo IBEDROLA. La fijación de la estructura al suelo será tal y como viene reflejada en los planos de proyecto.

## **2.8. INSTALACIONES**

Entre las realizaciones de obra civil que son necesarias acometer dentro de la nueva subestación, merecen destacar aquellas que se refieren al conjunto de instalaciones necesarias y que se detallan seguidamente:

### **2.8.1. Vallado exterior**

Al objeto de obstaculizar y disuadir el acceso a la subestación a posibles intrusos, se dispondrá de un vallado perimetral en la totalidad de las instalaciones, todo ello encaminado a:

- Evitar que personas ajenas a las instalaciones lleguen a estar próximas a elementos de tensión, protegiéndolas de su integridad física.
- Proteger las instalaciones de posibles daños intencionados.
- Evitar posibles robos en las instalaciones y en los edificios de control y celdas de MT.

El vallado estará constituido por postes metálicos galvanizados de perfil circular de 6 cm. de diámetro y una malla también metálica galvanizada de simple torsión. A lo largo del trazado de la valla se utilizarán postes intermedios y de tornapuntas en los cambios de dirección, en cada esquina y al principio del cerramiento.

Para disponer de una buena fijación de los postes, éstos quedarán anclados sobre murete a base de bloques prefabricados de hormigón, el cual a su vez se fijará sobre un dado de hormigón empotrado sobre el terreno, de 0,4 x 0,4 m<sup>2</sup> de superficie y 0,8 m, como mínimo de altura.

Por otro lado, la subestación contará con un vallado interior que rodeará el recinto ocupado por el parque de 132 kV, con el fin de proteger al personal no autorizado del parque de alta tensión.

### **2.8.2. Puerta principal de acceso al recinto**

Para permitir el paso de personas y vehículos autorizados al interior del recinto de la subestación, e impedir el acceso de los no autorizados, se dispondrá una puerta integrada sobre el vallado perimetral, empleando para ello dos pilares de hormigón armado de 0,30 x 0,30 m. de superficie.

La puerta tendrá una anchura de 4 m. y una altura de 2,26 m., estando formadas por dos hojas a base de perfiles metálicos y pletinas, siendo sus aberturas del tipo circular.

### **2.8.3. Viales**

Para permitir el acceso con vehículo a las zonas de los edificios de control y celdas, facilitando así su montaje y mantenimiento, se construirán los viales necesarios.

La anchura del vial será de unos 4m en la vía de entrada, siendo de 5 metros en el carril que recorre el lateral de la instalación.

### **2.8.4. Drenajes**

Se preverá una red general de drenaje, compuesta por zanjas de grava, tubos de PVC, tubos de hormigón, arquetas de recogida de zanjas de gravas y arqueta general, con objeto de que el agua de lluvia no quede encharcada en el parque.

## **2.9. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN**

### **2.9.1. Seccionadores**

La instrucción MIE-RAT 01 define al seccionador como: “aparato mecánico de conexión que por razones de seguridad, en posición de abierto, asegura una distancia de seccionamiento que satisface a condiciones especificadas”.

Los seccionadores son dispositivos que sirven para conectar o desconectar partes de una instalación eléctrica que está aun bajo tensión y no se encuentra recorrida por una corriente, por tanto, antes de abrir un seccionador siempre deberá abrirse el interruptor correspondiente. La función del seccionador es aislar entre sí partes de una instalación de manera que el corte se aprecia a simple vista, poniendo fuera de servicio aquella parte de la instalación susceptible de mantenimiento o reparación.

#### **2.9.1.1. Seccionadores de 132 kV**

Por sus características técnicas y económicas, se instalarán seccionadores rotativos tripolares de fabricación MESA.

Se escogen tripolares, aunque pueden resultar de mayor precio, debido a que, al ir unidos por un eje común, permiten el accionamiento conjunto.

La maniobra de los seccionadores será eléctrica por c.a. para disponer de su accionamiento de forma remota o bien local mediante pulsadores montados en el interior de la sala de control, también será posible la maniobra manual.

Distinguiremos dos tipos de seccionadores, el de entrada a la subestación que incluye la puesta a tierra y el seccionador de conexión en barras. En nuestro caso, las características técnicas son las mismas, simplemente incluye la puesta a tierra de la entrada.

Las características técnicas son:

- Tipo	SG3CP-145/1250
- Tipo con p.a.t.	SG3CPT-145/1250
- Tensión nominal	145 kV
- Intensidad nominal	1250 A
- Tensión de ensayo:	
A frecuencia industrial bajo lluvia	275 kV
A impulso	650 kV
- Intensidad corta duración	31.5 kA
- Separación entre polos	3000 mm
- Separación entre columnas	1050 mm

Se instalarán un total de 6 seccionadores exteriores, tal y como queda representado en los planos. Los 2 seccionadores de entrada de líneas incluyen la puesta a tierra.

#### **2.9.1.2. Seccionadores de 20 kV.**

La descripción de estos seccionadores, la podemos obtener en la documentación técnica de las celdas de la casa MESA, pues está incluido en las celdas de protección de las líneas.

## **2.9.2. Interruptores automáticos**

Los interruptores automáticos son aparatos de conexión y desconexión, destinados a asegurar la continuidad o discontinuidad de los circuitos eléctricos de alta tensión.

Se escogen interruptores automáticos de SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre), que es un gas pesado muy estable, inodoro, inerte, inflamable y no tóxico.

Por lo que el corte de corrientes de cortocircuito en gas de hexafluoruro de azufre, se aplica el principio de autocompresión.

### **2.9.2.1. Interruptores automáticos de 132 kV.**

El interruptor automático seleccionado para instalar en el parque de 132 kV es el modelo LTB D1 72-5 – 170 de la casa ABB, de corriente nominal 3150 A con una capacidad de interrupción de 40 kV.

Son interruptores unipolares y por tanto se instalarán 6 en dicho parque. Tres a la entrada a barras (uno para cada fase) y otros tres a la salida de barras. Para más detalle, se puede consultar la documentación técnica de la casa ABB.

### **2.9.2.2. Interruptores automáticos de 20 kV.**

La descripción de estos seccionadores, la podemos obtener en la documentación técnica de las celdas de la casa MESA, pues está incluido en las celdas de protección de las líneas.

## **2.9.3. Protección contra sobretensiones.**

Para proteger a los equipos y personal de las sobretensiones, bien producidas por problemas internos a la red eléctrica o por las condiciones atmosféricas, se instalarán autoválvulas-pararrayos en la cercanía a los transformadores de potencia pues es el equipo más valioso de nuestra subestación y es el que más protección merece.

Las autoválvulas seleccionadas son de la casa INAEL, cuyo modelo tiene la referencia 8110 D000 1J120. Dichas autoválvulas se instalarán una en cada fase de entrada al transformador de potencia. Como tenemos dos transformadores, se instalarán un total de 6 equipos.

#### **2.9.4. Transformadores de tensión.**

Los transformadores de tensión estarán instalados a la entrada a la subestación como se ve indicado en los planos. Se instalará un transformador de tensión por cada conductor que entre a la subestación, en total seis.

El modelo seleccionado es el UTE-145 de la casa ARTECHE. Para más información se pueden consultar la documentación técnica de dicha casa.

También se instalarán transformadores de tensión en el interior del edificio, controlando las salidas de los transformadores de potencia a los módulos de barras. Estos transformadores vendrán proporcionados por la casa MESA.

#### **2.9.5. Transformadores de intensidad.**

Los transformadores de intensidad serán instalados para controlar la intensidad que circula por las líneas de potencia de la subestación. En el parque de 132 kV se instalará a la entrada al módulo de barras y a la salida de este. Como son transformadores unipolares, se instalarán 6, uno por cada fase y línea; y otros 6 a la salida del módulo de barras.

El transformador seleccionado es el modelo TG 145 de la casa ABB. Para más información sobre los transformadores de intensidad seleccionados se puede visitar la documentación técnica de la casa ABB.

En el parque de 20 kV, los transformadores de intensidad vendrán dados por la casa MESA, instalados en las celdas. Se puede consultar la documentación técnica de las celdas para ver las características técnicas de dichos transformadores.

### **2.10. BATERÍA DE CONDENSADORES**

Se pretende instalar dos baterías de condensadores para compensar el factor de potencia de la subestación. Estas baterías estarán situadas a la intemperie físicamente juntas pero, siendo dos instalaciones diferentes conectadas respectivamente al módulo de barras 1 y 2.

Cada batería en su conjunto, estará formada por otras baterías de condensadores independientes que en conexión compensarán con la potencia reactiva fijada en los requisitos del proyecto.

El modelo seleccionado es el Q-BANK de 20 kV de la casa ABB, que formarán dos baterías de condensadores de 7.2 MVar cada una.

## 2.11. SERVICIOS AUXILIARES

Para un servicio seguro y eficaz de la subestación es de vital importancia tener control e información permanente de los equipos que en ella se hayan instalado.

Los servicios auxiliares de la Subestación estarán atendidos necesariamente por los dos sistemas de tensión (c.a. y c.c.). Para la adecuada explotación del centro, se instalarán sistemas de alimentación de corriente alterna y de corriente continua, según necesidades, para los distintos componentes de mando, control, protección y medida.

Para el control y operatividad de estos servicios auxiliares de c.a. y c.c. se ha dispuesto el montaje de un cuadro de centralización de aparatos formado por bastidores modulares a base de perfiles y paneles de chapa de acero.

El cuadro consta de dos zonas diferenciadas e independientes, donde se alojan respectivamente los servicios de corriente alterna y corriente continua.

Cada servicio está compartiendo independientemente y tiene su acceso frontal a través de las puertas con cerradura en las que se ha fijado el esquema sinóptico.

### 2.11.1. Servicios auxiliares de c.a.

Para disponer de estos servicios se ha previsto la instalación de dos transformadores de 100 kVA, que se montarán en intemperie, sobre soporte metálico. Estos transformadores se conectan a sus correspondientes celdas de 20 kV de alimentación a servicios auxiliares y, a su vez, alimentan en baja tensión el cuadro de servicios auxiliares situado en el edificio de mando y control. Las características de estos transformadores son:

- Potencia nominal.....100 kVA
- Tensión primaria.....20 kV
- Tensiones secundarias.....0,42-0,242 kV
- Conexión.....Triángulo/Estrella
- Grupo de conexión.....Dyn11

Los servicios auxiliares de corriente alterna están distribuidos en dos embarrados, cada embarrado está alimentado a través de un interruptor automático de sendos transformadores de servicios auxiliares. Los dos embarrados de los servicios auxiliares están unidos a su vez con un interruptor automático. El interruptor automático es maniobrado manualmente o por medio de un automatismo, cuando el relé de mínima tensión, detecte falta de tensión en cualquiera de los embarrados, operará de forma autónoma abriendo y cerrando el

interruptor de trafo correspondiente donde se haya producido la ausencia de tensión, y cerrará el interruptor de unión de barras dejando unidas las dos barras y alimentándolas con un solo transformador. De la misma forma cuando el relé de presencia de tensión detecte tensión en el trafo correspondiente, el automatismo esperará unos minutos para confirmar que la tensión es estable y procederá al restablecimiento de condiciones normales de explotación: abrirá el interruptor automático de unión de barras y cerrará el transformador de servicios auxiliares adecuado.

La ausencia de c.a. de auxiliares activa una alarma tanto local como remota.

De los embarrados parten los diferentes circuitos con sus protecciones correspondientes que a continuación se detallan:

- Barra 1
  - Equipo 1 c.c. 125 V
  - Equipo 1 c.c. 48 V
  - Anillo 1 132 kV
  - Trafo 1
  - Anillo 1 20 kV
  - Paneles de protección
  - Alumbrado parque exterior
  
- Barra 2
  - Equipo 2 c.c. 125 V
  - Equipo 2 c.c. 48 V
  - Anillo 2 132kV
  - Anillo 2 20kV
  - Trafo 2
  - Equipos de refrigeración
  - Alumbrado cuadro de control

En ambos paneles quedarán 3 posiciones trifásicas libres para posibles ampliaciones de la subestación o instalación de nuevos equipos.

### **2.11.2. Servicios auxiliares de c.c.**

Para la tensión de corriente continua se ha proyectado la instalación de dos equipos compactos rectificador-batería de 125 V c.c. que funcionarán en paralelo

alimentando cada uno todos los servicios (control, fuerza y protecciones de reserva).

Los dos equipos de 125 V c.c. funcionan ininterrumpidamente y durante el proceso de carga y flotación su funcionamiento responde a un sistema prefijado que actúa automáticamente sin necesidad de ningún tipo de vigilancia o control, lo cual da mayor seguridad en el mantenimiento de un servicio permanente.

Los dos equipos de corriente continua atacarán a dos embarrados de corriente continua unidos con un interruptor automático. El principio de funcionamiento para garantizar la presencia de corriente continua en los embarrados, es la misma que la descrita en el punto anterior para el sistema de c.a.

La importancia de la corriente continua (125 V) en una subestación es vital para mantener el control de la misma en todo momento ya que todas las órdenes tanto remotas como locales se realizan a través de señales de 115 V. Es importante que las dos bobinas de disparo que poseen los interruptores se alimenten cada una por una de las fuentes de c.c.

Los sistemas de c.c. poseen una protección que detecta las posibles derivaciones a tierra de cualquiera de los circuitos de c.c. obteniendo una alarma que será llevada tanto a la señalización local como remota.

Además de los equipos mencionados anteriormente se instalará un equipo rectificador-batería de 48 V c.c. destinado a la alimentación de los equipos de comunicaciones.

### **2.11.3. Mantenimiento**

Para el correcto funcionamiento de los equipos de corriente continua, es necesario realizar las siguientes operaciones de mantenimiento para garantizar la máxima carga en los elementos de corriente continua:

- Periodicidad anual. Descarga de los elementos a corriente constante durante 5 horas o bien hasta llegar al 70% de su tensión nominal (lo que antes ocurra). Carga excepcional de los equipos rectificadores durante 12 horas y rellenado de agua destilada hasta su nivel adecuado de todos los elementos de acumulación. Limpieza externa de los vasos que componen las baterías.

## **2.12. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES**

La subestación tendrá la posibilidad de ser explorada a distancia, por lo que se le dotará de un sistema de telecontrol, el cual se encargará de recoger las señales,

alarmas y medidas de la instalación para su transmisión a los centros remotos de operación.

Desde el sistema de telecontrol se podrán dar órdenes para el cierre y apertura de interruptores y seccionadores con mando eléctrico, así como reposición de protecciones diferenciales, relés de mando, etc.

La información a transmitir será tratada y preparada por el sistema de control integrado y la transmisión se realizará por vía fibra óptica.

Los equipos de comunicaciones a instalar en la subestación se alimentarán desde el cuadro de 48 V c.c. y que se instalará en uno de los armarios de la sala de control del edificio.

La tecnología de telecomunicación será fibra óptica. Los sistemas de telecontrol y telecomunicaciones transmitirán la información de:

- Medidas (I, U, P, Q)
- Facturación (kVARh, kWh)
- Alarmas
- Órdenes: La subestación recibe esta señal desde el exterior
- Señales de estado: indican el estado en el que se encuentran los elementos de la subestación: interruptor abierto o cerrado, estado de los seccionadores, etc.

## **2.13. OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN**

### **2.10.1 Movimiento de tierras**

Se realizarán las excavaciones de las cimentaciones correspondientes a las columnas de los pórticos de los transformadores, cubeto de los trafos, bobinas de puesta a tierra, apartamenta y zanjas para las nuevas conducciones, etc.

Para la ubicación de los trafos de potencia se realizará una cimentación capaz de transmitir las cargas al terreno y un cubeto para la recogida de aceite que se verterá a la canalización general de recogida de aceite.

También se contará con un vial con dos anchos de vía para la entrada y salida de los transformadores.

El cubeto quedará separado, por una parte y otra, del segundo transformador, por una pantalla de hormigón armado.

### **2.10.2 Cimentaciones para aparamenta y pórticos**

Se preverán en las cimentaciones todo tipo de canalización o tubo que permita facilitar el trazado de los cables de la red de tierras o los correspondientes a los circuitos de control de las instalaciones.

Se deberán prever el anclaje para las estructuras a utilizar, tales como soportes de aparamenta o bien los pórticos de amarre de líneas.

### **2.10.3 Canalización de cables**

Para el trazado de los cables de control o los correspondientes a los circuitos secundarios, se emplearán los canales prefabricados de hormigón con sus correspondientes tapas y demás accesorios que facilitan el tendido de los cables en su interior.

El diseño de los canales en cuestión será de acuerdo a lo estandarizado por el Grupo IBERDROLA.

Para el trazado de cables de potencia se realizará una zanja, que albergue los cables hasta el edificio de celdas.

### **2.10.4 Urbanización**

Una vez concluida la obra civil del parque y el conexionado de la aparamenta y sus soportes a la malla de cobre en su subsuelo para formar la red de tierras, se procederá a la operación del engravado de las zonas afectadas por las excavaciones. Las dimensiones de la urbanización pueden verse en los planos.

## **2.14. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA**

Para poder realizar trabajos en las instalaciones tanto interiores como exteriores, o simplemente para tener una buena visibilidad tanto de aparatos como dispositivos de control, hay que calcular el nivel de iluminación, para realizar todos estos trabajos con normalidad.

Para calcular el nivel de iluminación, se han tenido en cuenta las funciones que debe acentuar, al incidir sobre los distintos tipos de aparatos, que son los siguientes:

- Transformadores: Deben ser visibles los niveles de aceite en las boquillas, fugas de aceite, mediciones de precisión y temperatura en el tanque principal y en el del cambiador de derivaciones, así como medidores de flujo en las bombas de aceite.
- Interruptores: Deben ser visibles los dispositivos de control.

- Seccionadores: Deben ser visibles los indicadores de posición, los eslabones mecánicos de la posición de los seccionadores, los dispositivos de operación manual, y evidencias de arqueo y calentamiento excesivo.

Por otro lado, también es necesario determinar los circuitos de fuerza para suministrar energía a la sala de control, sala de cabinas, almacén, vestuario, etc.

#### **2.14.1. Alumbrado interior.**

Comprende la iluminación de sala de control, sala de cabinas, almacén, vestíbulo y servicios.

Se ha procurado tener una iluminación agradable a la vista, adecuada para ver con detalle los materiales y elementos iluminados y, evitar en lo posible deslumbramientos que, en el peor de los casos, puede dar lugar a accidentes. Según el Código Técnico de la Edificación (CTE) el nivel de iluminación mínimo en las zonas de circulación del edificio deberá, al menos, ser de 100 lux.

##### Sala de control

En la Sala de control, se encuentra la totalidad del cuadro de mando y los paneles de control y protección, en una dimensión total a iluminar de 90.

La totalidad de las lámparas irán empotradas en el falso techo.

Se instalarán un total de 6 lámparas downlight led de tono de luz neutra 4200K, de una potencia de 18 W por unidad del modelo EC-1568 de la casa Ecoluxlighting.

##### Sala de cabinas

Nos encontramos en una sala para las celdas de 20 kV, donde se instalarán la totalidad de las lámparas, empotradas en el falso techo.

Se instalarán un total de 8 lámparas downlight led de tono de luz fría 5500K, de una potencia de 18 W por unidad del modelo EC-1222 de la casa Ecoluxlighting.

##### Vestuario

Se instalarán 1 lámpara downlight led de tono de luz fría, de 18 W de potencia por unidad. Se instalara adosadas al techo y será del modelo EC-1222 de la casa Ecoluxlighting.

#### **2.14.2. Alumbrado exterior.**

La totalidad de la zona exterior de la Subestación, ocupa una superficie de 1617 m<sup>2</sup>, donde se instalarán un total de 12 luminarias distribuidas por torres

independientes a la estructura de la apartamentada de la Subestación. Las luminarias utilizadas estarán equipadas con proyectores led de 50 W de luz fría sujetos a postes independientes y orientados conforme a la necesidad con referencia EC-1614 de la casa Ecoluxlighting. En el acceso al recinto a la subestación, se instalarán dos proyectores similares de 20 W , uno en cada pilar de la puerta. Según el Código Técnico de la Edificación (CTE) el nivel de iluminación mínimo en las zonas de circulación deberá, al menos, ser de 20 lux, potenciando este en la apartamentada.

### **2.14.3. Alumbrado de emergencia.**

El alumbrado de emergencia actuará cuando falta la tensión de alimentación del alumbrado de emergencia normal, o ésta descienda a un 70 % de su valor nominal. Se alimentará de un conjunto batería-rectificador de 110 Vcc con una autonomía mínima de dos horas, utilizándose luminarias con tubos fluorescentes.

Este alumbrado se instalará de forma que ilumine los caminos de salida del edificio, desde cualquier punto del mismo, por lo que se distribuirá de la siguiente forma:

- 3 en la sala de control
- 3 en la sala de cabinas
- 1 en el vestuario
- 1 en la salida del edificio.

La instalación se efectuará en la pared, en montaje superficial. Los niveles de iluminación mínimos requeridos son los siguientes:

- a) En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la *iluminancia* horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
- b) En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la *iluminancia* horizontal será de 5 lux, como mínimo.
- c) A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la *iluminancia* máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.

- d) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
- e) Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40

#### **2.14.4. Fuerza.**

Se dispondrá de 4 circuitos de fuerza. Uno para la sala de control, otro para la sala de cabinas, otro para el aire acondicionado y otro para el almacén, vestuario, pasillos, etc.

- Sala de control: 0.6/1kV RZ1-K(AS) 3x(1x6)mm<sup>2</sup>
- Sala de cabinas: 0.6/1kV RZ1-K(AS) 3x(1x6)mm<sup>2</sup>
- Aire acondicionado: 0.6/1kV RZ1-K(AS) 3x(1x6)mm<sup>2</sup>
- Otro: 0.6/1kV RZ1-K(AS) 3x(1x6)mm<sup>2</sup>

### **2.15. SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO**

#### **2.15.1. Sistema contraincendios.**

La subestación cuenta con un equipo de protección contra incendios compuesto por elementos tales como detectores iónicos en el edificio de control conectados a la sala de control y avisando de amenaza de incendio. Protección por extintores tanto de polvo polivalente (ABC) como de CO<sup>2</sup>. Existirá un vehículo técnico dentro de la subestación que contendrá un equipo de 50 kg de CO<sup>2</sup> para poder detener un supuesto incendio. Puesto que muchos equipos tienen riesgo de incendio, el personal que trabaja en la subestación estará formado en material de protección contra incendios y se nombrará un equipo de protección y un jefe de emergencias.

Por otro lado, la subestación contará con la instalación de un muro de separación entre ambos transformadores de potencia, para que en caso de un supuesto incendio, el fuego y aceite derramado no se extienda al transformador contiguo.

### **2.15.2. Sistema antiintrusismo.**

La subestación contiene elementos y dispositivos, no sólo susceptibles de robos, sino fundamentalmente con peligro de muerte por electrocución en caso de acceso de personas no autorizadas. Además de la correspondiente señalización es necesario dotar a la subestación de elementos para controlar y vigilar el acceso a la parcela e interior de subestación; por lo que se instalará un sistema de control de accesos desde el exterior mediante lector de tarjetas y sistemas de detección y alarma por cámaras exteriores e interiores de video vigilancia y contactos magnéticos en puertas. Todas las señales de control y alarma se centralizan en sistema de control y que se transmitirán por telemando a Central corporativa de seguridad.

La subestación posee un cerramiento perimetral en la que se proyectan cámaras de videovigilancia exteriores y antivandálicas, que se interconectan al sistema de grabación.

Se instalarán señales de alta tensión peligro de muerte para persuadir a los posibles personas ajenas a la instalación.

### **3. NORMATIVA APLICADA**

El proyecto y la redacción del mismo se realizarán de acuerdo a las siguientes disposiciones legales y normas obligatorias:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias RD 3275/1982.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias R.D. 842/ 2002.
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios R.D. 1942/1993 y corrección de errores.
- Documento Básico SI: “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación R.D. 314/2006.
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Normas CEI que sean de aplicación.
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación.
- Normas particulares del Grupo IBERDROLA DISTRIBUCIÓN.

#### 4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades de servicio, se puede estimar en 15 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras, tal como se detallan en este proyecto.

El proyecto general para la ejecución de las obras, es el siguiente:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9
Ingeniería									
Obra Civil									
Montaje									
Conexionado									
Pruebas									

	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18
Ingeniería									
Obra Civil									
Montaje									
Conexionado									
Pruebas									

# DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

## 1. OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones utilizadas en la subestación para los elementos más críticos de las configuraciones adoptadas en los dos parques que integran la subestación (parque de 132 y 20 kV).

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Cálculo de las corrientes de cortocircuito.
- Selección de conductores.
- Cálculo mecánico de embarrados.
- Distancias de seguridad.
- Determinación de efecto corona.
- Resistencia al efecto del cortocircuito.
- Selección de autoválvula.
- Compensación del factor de potencia.
- Red de tierras.

Cada apartado contiene la normativa aplicada en cada caso, así como las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos y conclusiones necesarias.

## 2. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES DE 132 KV.

A la hora de dimensionar los conductores que vamos a emplear para diseñar el embarrado de 132 kV de la subestación transformadora, deberemos tener en cuenta una serie de consideraciones desde el punto de vista eléctrico y mecánico, todo bajo el criterio del R.A.T.

### 2.1. JUSTIFICACIÓN ELÉCTRICA

Dentro de este apartado distinguiremos dos puntos a tener en cuenta. El criterio de densidad de corriente y el criterio de caída de tensión.

#### 2.1.1. Criterio de densidad de corriente.

En primer lugar calcularemos la intensidad nominal que circulará con cada una de las líneas. Como el sistema de barras tomado es el de barra partida simple, consideramos que en un momento dado, una de las líneas puede ser desconectada de la subestación por avería o mantenimiento, por lo que la otra línea restante debe de abastecer a toda la subestación. Por lo tanto, cada una de

las líneas deberá estar diseñada para transportar la suma de potencia de ambos transformadores de potencia, y por consiguiente la corriente nominal será:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{80000}{\sqrt{3} * 132} = 350 \text{ A}$$

Donde:

$S_n$  = Potencia aparente nominal total, en MVA.

$U_n$  = Tensión nominal de alimentación, en kV.

$I_n$  = Corriente nominal, en Amperios.

A continuación, seleccionamos el cable LA-280 y comprobamos que la densidad de corriente no supere la admisible por el cable, que en este caso es de 2,043 A/mm<sup>2</sup>. Como la sección del conductor es de 281,1 mm<sup>2</sup>, la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{I_n}{S} = \frac{350}{281,1} = 1.24 \text{ A/mm}^2$$

$$1.24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 2,043 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Como la densidad de corriente es inferior a la máxima admisible, aceptamos este conductor bajo este criterio. Ahora comprobaremos este tipo de cable bajo el criterio de caída de tensión.

### **2.1.2. Criterio de caída de tensión.**

La ecuación que determina la caída de tensión en una línea trifásica es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Donde:

$\Delta U$  = Caída de tensión en la línea, en Voltios.

$I$  = Corriente nominal de la línea, en Amperios.

$L$  = Longitud de la línea, en km.

$R$  = Resistencia del conductor, en  $\Omega$ /km.

$X$  = Reactancia del conductor, en  $\Omega$ /km.

$\varphi$  = Ángulo de fase.

La resistencia del conductor viene proporcionada por el fabricante de la línea, la longitud del tramo de la subestación que corresponde a la instalación de 132 kV es de 40 metros y la caída de tensión la calculamos para un factor de potencia de 0.9, pero nos falta determinar la reactancia del conductor. Esta viene dada por la expresión:

$$X = \omega L$$

Donde:

$\omega$  = frecuencia angular, en rad/s.

L = Coeficiente de autoinducción del conductor, en H/km.

X = Reactancia del conductor, en  $\Omega$ /km.

A su vez, desconocemos el coeficiente de autoinducción de la línea, ya que dependiendo de la distribución de los cables de fase tendrá un valor u otro. La ecuación que nos da proporciona su valor es la siguiente:

$$L = \left( \frac{\mu}{2n} + 4.6 \log \frac{DMG}{RMG} \right) * 10^{-4} H/km$$

Donde:

$\mu$  = Coeficiente de permeabilidad del conductor. Para aluminio-acero  $\mu = 1$ .

n = Número de conductores por fase.

DMG = Distancia Media Geométrica entre conductores.

RMG = Radio Medio Geométrico.

El número de conductores por fase será 1. La distancia media geométrica será de 378cm para una distribución de los cables horizontal con separación entre un cable y el contiguo de 300 cm. El radio medio geométrico será el equivalente al radio del conductor, pues solo se instalará un conductor por fase.

$$L = 1.22 * 10^{-3} H/km$$

$$X = 2\pi fL = 2\pi * 50 * 1.22 = 0.382 \Omega/km$$

Tras obtener los datos que nos hacían falta para resolver la ecuación, tenemos que la caída de tensión es:

$$\Delta U = 6.64 V$$

Si ponemos en tanto por ciento la caída de tensión respecto la tensión nominal de la línea:

$$\% \Delta U = \frac{\Delta U}{U} * 100\% = 5 * 10^{-3}\% < 5\%$$

Como es inferior al 5% que admite la compañía suministradora en cuestión, el criterio de caída de tensión también es aceptable para el conductor seleccionado.

### **2.1.3. Elección del modelo de conductor.**

El conductor seleccionado LA-280 es válido desde el punto de vista eléctrico para la instalación en el parque de 132 kV de la subestación tras superar los criterios de densidad de corriente y caída de tensión.

## **2.2. CÁLCULOS DEL EFECTO CORONA**

El efecto corona consiste en la ionización de las zonas cercanas a los conductores de una línea eléctrica aérea cuando en el campo externo existen gradientes de potencial suficientemente elevados que son capaces de superar el valor de la rigidez dieléctrica del aire. Cuando esto sucede se producen corrientes de fuga, análogas a las debidas a la conductancia de los aisladores; tales corrientes producen pérdidas de potencia.

Con el fin de determinar dichas pérdidas, determinaremos si se produce el efecto corona y en tal caso calcularemos la potencia de pérdidas.

La condición para que se produzca el efecto corona es que la tensión crítica disruptiva sea menor que la tensión nominal. Así que lo que haremos será determinar el valor de la tensión crítica disruptiva, que viene dada por:

$$V_c = 21.1 * mc * mt * \delta * r * \ln \frac{DMG}{RMG} (kV)$$

Donde:

$V_c$  = Tensión crítica disruptiva, en kV.

$mc$  = Coeficiente de rugosidad del conductor.

$mt$  = Coeficiente de tiempo atmosférico.

$\delta$  = Factor de corrección de la densidad del aire.

$r$  = radio del conductor, en cm.

$DMG$  = Distancia Media Geométrica, en cm.

$RMG$  = Radio Medio Geométrico, en cm.

Usaremos un valor de  $mc = 0.85$  pues es lo estimado para cables y  $mt = 1$  estimado para tiempo seco, que es lo acostumbrado en el municipio de Fuente

Álamo. El factor de corrección de la densidad del aire viene dado en función de la presión barométrica y la temperatura. Para ello, hemos tomado los siguientes datos:

Altitud	126m	Temperatura media	17.1°C
---------	------	-------------------	--------

$$\delta = \frac{3.926 * h}{273 + \theta} = \frac{3.926 * 74.85}{273 + 17.1} = 1.013$$

Donde:

h = Presión barométrica, en cm.Hg. (tabulada en función de la altitud).

$\theta$  = Temperatura media.

$$V_c = 115.82 \text{ kV}$$

Como la tensión crítica disruptiva es inferior a la tensión de alimentación, se producirá el efecto corona.

$$115.82 \text{ kV} < 132 \text{ kV}$$

La fórmula de Peek calcula la pérdida de potencia por efecto corona, y para cada conductor, mediante la expresión:

$$P_c = \frac{244}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{RMG}{DMG}} * (U - V_c)^2 * 10^{-5} \left( \frac{kW}{km} \right) = 0.84 \text{ kW/km}$$

Donde:

$P_c$  = Pérdidas producidas por el efecto corona en kW/km por conductor.

f = Frecuencia, en Hz.

U = Tensión eficaz simple, en kV.

r = radio del conductor, en cm.

$$\Delta P = P_c * L = 0.84 * 0.04 = 0.0336 \text{ kW}$$

Esta potencia obtenida es la que se pierde en un conductor en el tramo que corresponde al parque de 132 kV de la subestación provocada por el efecto corona.

## 2.3. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA

### 2.3.1. Tracción máxima admisible

De acuerdo con el RAT, la tracción máxima admisible de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura dividida por 2.5 al tratarse de cables.

La tensión de rotura del cable seleccionado LA-280 es de 8450.1 daN, por lo que la tensión máxima admisible será:

$$Tm = \frac{Cr}{2.5} = \frac{8450.1}{9.81 * 2.5} = 3445.46 \text{ kg}$$

### 2.3.2. Flecha máxima

De acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el apartado 3.1.3 (ITC-LAT 07), se determinará la flecha máxima de los conductores en las siguientes hipótesis:

Hipótesis	Condiciones de Sobrecarga
Viento	Peso propio, viento 120km/h, 15°C
Temperatura	Peso propio, 50°C

Tabla 4: Condiciones de sobrecarga para flecha máxima

Si aplicamos la ecuación de cambio de condiciones, podemos obtener la flecha máxima para dichas hipótesis. Las condiciones iniciales serán las de tracción máxima de viento propuesta por el reglamento para la zona A, que es en la que trabajaremos.

La ecuación de cambio de condiciones es la siguiente:

$$t_2^2 \left[ t_2 + A \frac{a^2 m_1^2}{t_1^2} + B(\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = A a^2 m_2^2$$

$$A = \frac{\gamma^2 * E * 10^{-6}}{24}$$

$$B = \alpha * E$$

Donde:

$t_2$  = Tensión específica del conductor en el estado inicial, en  $\text{kg/mm}^2$ .

$m_2$  = Coeficiente de sobrecarga en el estado inicial.

$\theta_2$  = Temperatura en el estado inicial, en  $^{\circ}\text{C}$ .

$t_1$  = Tensión específica del conductor en el estado final, en  $\text{kg/mm}^2$ .

$m_1$  = Coeficiente de sobrecarga en el estado final.

$\theta_1$  = Temperatura en el estado final, en  $^{\circ}\text{C}$ .

A y B = Constantes que dependen del tipo de conductor.

$\gamma$  = Densidad o peso específico del conductor, en  $\text{grf/cm}^3$ .

E = Módulo de elasticidad del conductor, en  $\text{kg/mm}^2$ .

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal del conductor.

a = Vano entre apoyo y apoyo, en metros.

Estado inicial. Tracción máxima admisible ( $t_2$ ,  $\theta_2$ ,  $m_2$ )

Las condiciones iniciales según la hipótesis de tracción máximo de viento son:

$$\theta_2 = -5^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = \frac{Tm}{S} = \frac{3445.46}{281.1} = 12.26 \text{ kg/mm}^2$$

$$m_2 = \frac{p_a}{p_p} = \sqrt{\frac{p_p^2 + Sbv^2}{p_p}}$$

Donde:

$p_p$  = Peso propio del conductor, en  $\text{kg/m}$ .

$Sbv$  = Sobrecarga debido al viento a  $120\text{km/h}$ , en  $\text{kg/m}$ .

$p_a$  = Peso aparente del conductor, en  $\text{kg/m}$

$$Sbv = q * \phi = 50 * 21.8 * 10^{-3} = 1.09 \text{ kg/m}$$

Donde:

$q$  = Presión ejercida por el viento para conductor con diámetro  $>16\text{mm}$ .

$\phi$  = Diámetro del conductor, en metros.

Siendo el peso propio del conductor de  $0.98 \text{ kg/m}$ , tenemos que:

$$m_2 = 1.5$$

$$A = 3.78 * 10^{-3}$$

$$B = 0.142$$

Estado final. Flecha máxima ( $t_1, \theta_1, m_1$ )

a) Hipótesis de viento

Como la condición de sobrecarga es la misma que en el estado inicial, el peso aparente será el mismo y por tanto el coeficiente de sobrecarga también. Respecto a la temperatura, en este caso el reglamento marca una temperatura de 15°C, por lo que nos falta determinar la tensión específica.

$$m_1 = 1.5$$

$$\theta_1 = 15^\circ C$$

Considerando que el tramo más largo dentro de la subestación es de 20 metros, tendremos una tensión específica resolviendo la ecuación de cambio de condiciones, de:

$$t_1 = 3.58 \text{ kg/mm}^2$$

Que esto supone una tensión y una flecha de:

$$T = t_1 * S = 1006.34 \text{ kg}$$

$$f = \frac{a^2 * p_a}{8T} = 0.072 \text{ m}$$

b) Hipótesis de temperatura

Para la hipótesis de temperatura tenemos que el conductor se ve sometido a una temperatura de 50°C sin viento, por lo que el coeficiente de sobrecarga es la unidad, puesto que el peso aparente es igual al peso propio del conductor.

$$m_1 = 1$$

$$\theta_1 = 50^\circ C$$

$$t_1 = 2.44 \text{ kg/mm}^2$$

Que esto supone una tensión y una flecha de:

$$T = t_1 * S = 685.88 \text{ kg}$$

$$f = \frac{a^2 * p_a}{8T} = 0.071m$$

Puesto que la hipótesis de viento nos ofrece una flecha mayor, la escogeremos como flecha máxima y la tendremos en cuenta para las instalaciones de la subestación.

### 3. ESTUDIO MECÁNICO DEL CABLE AEREO DE TIERRA.

Al igual que a los conductores, determinaremos la flecha máxima y tracción máxima para el cable escogido en este caso.

#### 3.1. SELECCIÓN DEL CABLE

El cable que hemos seleccionado para la instalación aérea de tierra será el siguiente:

Denominación	T-50	Peso	0.4kg/m
Sección	50mm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad	18500 kg/mm <sup>2</sup>
Diámetro	9mm	Coefficiente de dilatación	11.5*10 <sup>-6</sup> /°C
Tensión de rotura	6300 kg		

Tabla 5: Características del cable aéreo de tierra.

#### 3.2. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA

Ya que estos cálculos los hemos realizado en la justificación mecánica de los conductores de 132 kV, no nos detendremos en explicar de nuevo el proceso.

Estado inicial. Tracción máxima admisible ( $t_2, \theta_2, m_2$ )

Las condiciones iniciales según la hipótesis de tracción máximo de viento son:

$$\theta_2 = -5^{\circ}C$$

$$Tm = \frac{Cr}{2.5} = \frac{6300}{2.5} = 2520 \text{ kg}$$

$$t_2 = \frac{Tm}{S} = \frac{2520}{50} = 50.2 \text{ kg/mm}^2$$

$$m_2 = \frac{p_a}{p_p} = \sqrt{\frac{p_p^2 + Sbv^2}{p_p}}$$

$$Sbv = q * \emptyset = 60 * 9 * 10^{-3} = 0.54 \text{ kg/m}$$

Donde:

$q$  = Presión ejercida por el viento para cables con diámetro <16mm.

$\emptyset$  = Diámetro del conductor, en metros.

Siendo el peso propio del cable de 0.4 kg/m, tenemos que:

$$m_2 = 1.68$$

$$A = 0.05$$

$$B = 0.142$$

Estado final. Flecha máxima ( $t_1, \theta_1, m_1$ )

a) Hipótesis de viento

Como la condición de sobrecarga es la misma que en el estado inicial, el peso aparente será el mismo y por tanto el coeficiente de sobrecarga también. Respecto a la temperatura, en este caso el reglamento marca una temperatura de 15°C, por lo que nos falta determinar la tensión específica.

$$m_1 = 1.68$$

$$\theta_1 = 15^\circ\text{C}$$

Considerando que el tramo más largo dentro de la subestación es de 20 metros, tendremos una tensión específica resolviendo la ecuación de cambio de condiciones, de:

$$t_1 = 4.68 \text{ kg/mm}^2$$

Que esto supone una tensión y una flecha de:

$$T = t_1 * S = 234 \text{ kg}$$

$$f = \frac{a^2 * p_a}{8T} = 0.143\text{m}$$

b) Hipótesis de temperatura

Para la hipótesis de temperatura tenemos que el conductor se ve sometido a una temperatura de 50°C sin viento, por lo que el coeficiente de sobrecarga es la unidad, puesto que el peso aparente es igual al peso propio del conductor.

$$m_1 = 1$$

$$\theta_1 = 50^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 3.88 \text{ kg/mm}^2$$

Que esto supone una tensión y una flecha de:

$$T = t_1 * S = 194 \text{ kg}$$

$$f = \frac{a^2 * p_a}{8T} = 0.103\text{m}$$

Puesto que la hipótesis de viento nos ofrece una flecha mayor, la escogeremos como flecha máxima y la tendremos en cuenta para las instalaciones de la subestación.

#### 4. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES 20KV

Con el fin de ahorrar en espacio y hacer una instalación más práctica y cómoda, se instalará el parque de 20 kV en celdas blindadas en SF6 en el edificio de control de la subestación. Por este motivo, surge la necesidad de transportar la potencia que distribuyen los transformadores a dicha instalación. Por tanto existirá, un tramo en intemperie donde serán conectados los conductores aislados que transportarán la energía hasta las celdas blindadas del edificio, a través de una instalación subterránea.

A su vez existirán otros dos elementos instalados en los módulos de barras respectivamente. La instalación de un transformador auxiliar intemperie que abastecerá de energía a la subestación y por otro lado, unas baterías de condensadores instaladas a la intemperie para compensar el factor de potencia.

##### 4.1. TRAMO EN INTEMPERIE

En este punto analizaremos el conductor rígido y desnudo que será donde queden conectadas los conductores aislados de transporte hacia el edificio de control. En primer lugar calcularemos la intensidad nominal que tenemos a la salida del transformador.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{40000}{\sqrt{3} * 20} = 1154.7 A$$

Para este tramo seleccionaremos un conductor tubular rígido y hueco de cobre con las siguientes características:

Diámetro exterior	60 mm	Int. Máxima adm.	1550 A
Diámetro interior	50 mm	Momento resistente(W)	10.96 cm <sup>3</sup>
Sección nominal	865 mm <sup>2</sup>	Momento de inercia(J)	32.88 cm <sup>4</sup>
Peso	7.7 kg/m	Módulo de elasticidad	12245 kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 6: Características conductor tubular rígido.

Ya que el efecto corona en la práctica se presenta para tensiones superiores a los 80 kV, no determinaremos su existencia en este tramo.

## 4.2. TRAMO SUBTERRANEO

Aunque esta instalación tiene un tramo que está a la intemperie, la diseñaremos con los criterios requeridos para instalaciones subterráneas pues son más estrictos y así quedará cubierta ambos sectores: el tramo intemperie y el subterráneo.

Como tratamos con intensidades de corriente muy elevadas, ramificaremos cada fase en 4 conductores con el fin de disminuir la intensidad en cada uno de ellos y obtener una menor caída de tensión. La intensidad nominal para cada uno de estos conductores será:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n * 4} = 288.67 A$$

### 4.2.1. Criterio de intensidad máxima admisible

Los conductores serán distribuidos en 6 tubos con 2 cables unipolares cada uno, dos tubos por fase respectivamente e instalados en dos 3 ternas de cables a diferentes alturas, como podrá apreciarse en el plano X.

Las condiciones de instalación serán: Conductores enterrados a 1 metro de profundidad, resistividad térmica del terreno 1.5 K.m/W, temperatura del terreno de 25°C.

El factor de corrección que aplicaremos será el de 3 ternos por zanja y distanciados 0.2 metros con cables instalados bajo tubo que es igual a  $k=0.75$ .

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

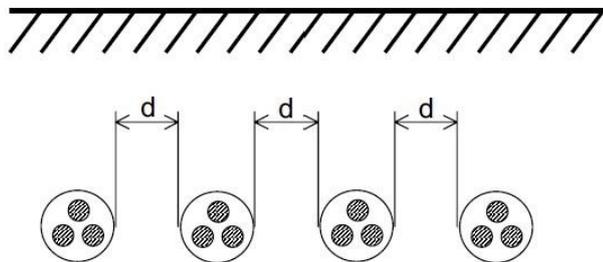


Tabla 7: Factor de corrección para distribución de líneas de potencia.

$$I_{max} = \frac{In}{k} = \frac{288.67}{0.75} = 384.89 \text{ A}$$

Seleccionamos el conductor AL HEPR-Z1 12/20 kV sin armadura de sección  $400 \text{ mm}^2$  que soporta 450 A. Por tanto superior a la intensidad máxima calculada y válida para esta instalación. La densidad de corriente del conductor será:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{288.67}{400} = 0.72 \text{ A/mm}^2$$

#### 4.2.2. Criterio de caída de tensión

Teniendo en cuenta que la longitud del tramo subterráneo será de 20 metros y los valores de resistencia y reactancia del conductor son  $0.108 \text{ } \Omega/\text{km}$  y  $0.095 \text{ } \Omega/\text{km}$  respectivamente, podemos determinar la caída de tensión que se produce en dicho tramo:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 1.38 \text{ V}$$

$$\% \Delta U = \frac{\Delta U}{U} * 100\% = \frac{1.38}{20000} * 100\% = 6.9 * 10^{-3}\% < 5\%$$

Ya que la caída de tensión está dentro del rango admisible, consideramos que el conductor seleccionado es válido. Solo nos falta comprobarlo desde el criterio de cortocircuito que será visto más adelante.

### 4.3. INSTALACIÓN BLINDADA

Las barras de la instalación blindada deben soportar la intensidad proporcionada por uno de los transformadores de 40 MVA. Dado el caso en que uno de los transformadores quede fuera de servicio y el otro deba abastecer de energía ambos módulos de barras, la intensidad proporcionada será la misma pues el transformador administrará 40 MVA. Por tanto la intensidad nominal para las barras será de :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{40000}{\sqrt{3} * 20} = 1154.7 A$$

Seleccionaremos las celdas blindadas de la casa MESA cuyas barras soportan hasta 2000 A a 24 kV de tensión máxima. Por otro lado, necesitamos determinar la intensidad que recorrerá cada una de las 16 líneas de potencia que se ramificarán de estas barras (8 líneas de cada módulo respectivamente).

Según el MT\_2\_03\_20 de Iberdrola, la potencia en cada línea de suministro vendrá dada en función de la potencia total y un coeficiente de simultaneidad que para el caso de las subestaciones transformadoras es de 0.95. Por tanto, la potencia que suministrará cada línea será de:

$$Potencia\ total\ en\ líneas = \frac{Potencia\ en\ barras}{0.95} = \frac{80000}{0.95} = 84210\ KVA$$

$$Potencia\ en\ cada\ línea = \frac{Potencia\ total\ en\ líneas}{n^{\circ}\ de\ líneas} = \frac{84210}{16} = 5263\ KVA$$

$$Potencia\ en\ cada\ línea \cong 5250\ KVA$$

Para esta potencia que nos proporciona el coeficiente de simultaneidad, tenemos una corriente nominal en cada línea de:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{5250}{\sqrt{3} * 20} = 151.5 A$$

Para esta intensidad seleccionaremos las celdas para derivaciones de líneas de intensidad nominal de 600 A que son válidas para la corriente obtenida.

#### **4.4. TRAMO PARA TRANSFORMADOR AUXILIAR**

El transformador auxiliar será alimentado desde las barras blindadas a través de una línea subterránea hasta el exterior que es donde estarán instaladas. De manera que determinaremos la intensidad nominal que demandaran estas baterías.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{100}{\sqrt{3} * 20} = 2.89 A$$

Ya que instalaremos los dos transformadores cercanos uno al otro, las dos líneas que provienen una de cada módulo de barras, viajarán juntas hasta estas. Por lo tanto tendremos en cuenta el factor de corrección para dos ternas por zanja.

##### **4.4.1. Criterio de intensidad máxima admisible**

Las condiciones de instalación serán: Conductores enterrados a 1 metro de profundidad, resistividad térmica del terreno 1.5 K.m/W, temperatura del terreno de 25°C.

El factor de corrección que aplicaremos será el de 2 ternos por zanja y distanciados 0.2 metros con cables instalados bajo tubo que es igual a k=0.83.

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

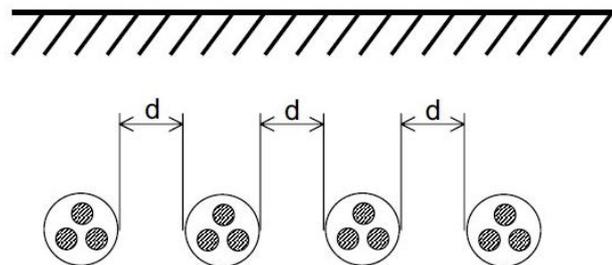


Tabla 8: Factor de corrección para línea de alimentación de las baterías de condensadores

La intensidad de corriente máxima será la que viene dada por el factor de corrección que nos da el reglamento:

$$I_{max} = \frac{In}{k} = \frac{2,89}{0,83} = 3,48 \text{ A}$$

Seleccionamos el conductor AL HEPR-Z1 12/20 kV sin armadura de sección 16 mm<sup>2</sup> que soporta 76 A.

$$76 \text{ A} > 3,48 \text{ A}$$

Por tanto superior a la intensidad máxima calculada y válida para esta instalación. La densidad de corriente del conductor será:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{2,89}{16} = 0,18 \text{ A/mm}^2$$

#### 4.4.2. Criterio de caída de tensión

Teniendo en cuenta que la longitud del tramo subterráneo será de 15 metros y los valores de resistencia y reactancia del conductor son 2.533 Ω/km y 0.14 Ω/km

respectivamente, podemos determinar la caída de tensión que se produce en dicho tramo:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 0.44 V$$

$$\% \Delta U = \frac{\Delta U}{U} * 100\% = \frac{0.44}{20000} * 100\% = 2.2 * 10^{-3}\% < 5\%$$

Ya que la caída de tensión está dentro del rango admisible, consideramos que el conductor seleccionado es válido. Solo nos falta comprobarlo desde el criterio de cortocircuito que será visto más adelante.

#### 4.5. TRAMO PARA BATERIA DE CONDENSADORES

La batería de condensadores será alimentada desde las barras blindadas a través de una línea subterránea hasta el exterior que es donde estarán instaladas. De manera que determinaremos la intensidad nominal que demandaran estas baterías.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{7200}{\sqrt{3} * 20} = 207.85 A$$

Ya que instalaremos los dos grupos de baterías juntos, las dos líneas que provienen una de cada módulo de barras, viajaran juntas hasta estas. Por lo tanto tendremos en cuenta el factor de corrección para dos ternas por zanja.

##### 4.5.1. Criterio de intensidad máxima admisible

Las condiciones de instalación serán: Conductores enterrados a 1 metro de profundidad, resistividad térmica del terreno 1.5 K.m/W, temperatura del terreno de 25°C.

El factor de corrección que aplicaremos será el de 2 ternos por zanja y distanciados 0.2 metros con cables instalados bajo tubo que es igual a k=0.83.

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

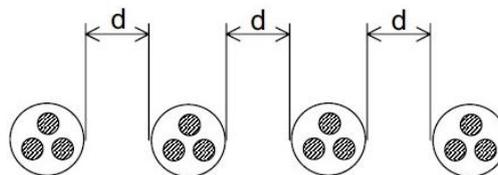


Tabla 9: Factor de corrección para línea de alimentación de las baterías de condensadores

La intensidad de corriente máxima será la que viene dada por el factor de corrección que nos da el reglamento:

$$I_{max} = \frac{In}{k} = \frac{207.85}{0.83} = 250.42 \text{ A}$$

Seleccionamos el conductor AL HEPR-Z1 12/20 kV sin armadura de sección 120 mm<sup>2</sup> que soporta 295 A.

$$295 \text{ A} > 250.42 \text{ A}$$

Por tanto superior a la intensidad máxima calculada y válida para esta instalación. La densidad de corriente del conductor será:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{207.85}{120} = 1.73 \text{ A/mm}^2$$

#### 4.5.2. Criterio de caída de tensión

Teniendo en cuenta que la longitud del tramo subterráneo será de 15 metros y los valores de resistencia y reactancia del conductor son 0.34 Ω/km y 0.112 Ω/km

respectivamente, podemos determinar la caída de tensión que se produce en dicho tramo:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 1.91 V$$

$$\% \Delta U = \frac{\Delta U}{U} * 100\% = \frac{1.91}{20000} * 100\% = 9.55 * 10^{-3}\% < 5\%$$

Ya que la caída de tensión está dentro del rango admisible, consideramos que el conductor seleccionado es válido. Solo nos falta comprobarlo desde el criterio de cortocircuito que será visto más adelante.

## 5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

### 5.1. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO.

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de viento, temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

$$h = D_{add} + D_{el} + f_{max} = 5.3 + 1.2 + 0.072 = 6.572 m$$

Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 10: Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Donde:

$D_{el}$  = Distancias del conductor mínima a obstáculo en función de la tensión máxima.

$f_{max}$  = Flecha máxima del conductor.

Teniendo en cuenta el cruce de vehículos en la subestación y el paso de las líneas por encima del vallado perimetral, los conductores se instalarán a 12 metros de altura respecto al terreno de la subestación.

## 5.2. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SI.

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o con circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidos al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

La separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K\sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$$

Donde:

$D$  = Separación entre conductores de fase del mismo circuito o distinto, en metros

$K$  = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

$K'$  = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea.  $K=0.85$  para líneas de categoría especial y  $0.75$  para el resto de líneas.

$F$  = Flecha máxima, en metros.

$L$  = Longitud de la cadena. Si es de amarre  $L = 0$ .

$D_{pp}$  = Distancia mínima aérea especificada según lo indicado en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07.

En primer lugar, determinaremos el valor de  $K$ , que viene descrito en una tabla en función del ángulo de oscilación  $\alpha$ .

$$\alpha = \arctg \frac{Sbv}{p_p} = 48.69^\circ$$

Tabla 16. Coeficiente K en función del ángulo de oscilación

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Tabla 11: Coeficiente K en función del ángulo de oscilación

$$K=0.65$$

Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{al}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 12: Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas.

Por lo tanto el valor de la distancia mínima de los conductores entre sí, será:

$$D = 0.65\sqrt{0.072} + 0.75 * 1.4 = 1.22 \text{ m}$$

Partiendo de esta distancia mínima, aplicaremos una distancia de 3 metros entre conductores para una mayor seguridad y facilidad de maniobra a la hora de realizar el mantenimiento o reparar una avería.

### 5.3. DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0.2.

$$D_{el} = 1.2m$$

#### 5.4. DISTANCIA DE LAS PARTES ACTIVAS DE EQUIPOS AL SUELO.

Esta distancia se considera como la primera altura barras. La altura mínima de las partes activas sobre el nivel del suelo, en ningún caso debe ser inferior a tres metros si estas no se encuentran aisladas mediante barreras de protección. La altura mínima de la base de los aisladores que soportan partes activas no debe ser inferior a 2.5 metros, que es la altura media de una persona con el brazo levantado.

La altura mínima de las partes activas podemos calcularla con la siguiente expresión:

$$h = 2.3 + 0.0015 * V_{max} = 2.5175 \text{ m}$$

Ya que esta altura es inferior a 3 metros y no se instalarán barreras de protección, aplicaremos la altura mínima de 3 metros para cumplir la norma.

#### 5.4. DISTANCIA DE SEGURIDAD HORIZONTAL AL OPERARIO.

Se entiende como distancias mínimas de seguridad a los espacios libres que permiten circular y efectuar maniobras al personal dentro de una subestación, sin que exista riesgo para sus vidas y con un mínimo de posibilidad de realización de operaciones durante las maniobras y trabajos de mantenimiento.

Se define la distancia de seguridad horizontal al operario, como la suma de la distancia mínima de fase a tierra y la longitud media de un brazo extendido.

$$d_h = D_{el} + 0.9 = 2.1 \text{ m}$$

### 6. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

El fenómeno transitorio denominado cortocircuito es una conexión accidental entre dos puntos de un sistema eléctrico que se encuentran a distinto potencial, siendo la impedancia entre ambos nula o de pequeño valor. Cuando dicho contacto tiene lugar en instalaciones de Alta Tensión, ocasiona un arco eléctrico a través del cual se cierra el circuito.

Los cortocircuitos pueden originarse por las siguientes causas:

- De origen eléctrico: debidos a contactos directos entre dos conductores activos desnudos o aislados por defecto del aislamiento existente entre ellos.

- De origen mecánico: se deben a la caída de un objeto extraño sobre una línea aérea, una rotura de conductores o aisladores o bien, un golpe de pico o excavadora en un cable subterráneo.
- Por falsas maniobras: la apertura de un seccionador en carga o el conexionado de una línea que se encuentra puesta a tierra.
- De origen atmosférico: se deben a la caída de rayos sobre los conductores de una línea o bien otras inclemencias atmosféricas como viento, niebla, hielo, que originan la aproximación de los conductores o alteran la superficie exterior de los aisladores.

Con las intenciones de que esta instalación pueda resistir a los efectos que produce los cortocircuitos en ella, vamos a calcular las corrientes que supuestamente se producirían y diseñar dicha instalación con las medidas oportunas para poder soportar sus efectos sin llevar a cabo averías o las menores posibles.

### 6.1. ESQUEMA UNFILAR.

En este apartado estudiaremos las distintas corrientes de cortocircuito que se pueden producir en función de su localización en la instalación, dependiendo a su vez de la tensión de suministro.

Como se puede ver se muestran 5 puntos de cortocircuito distintos:

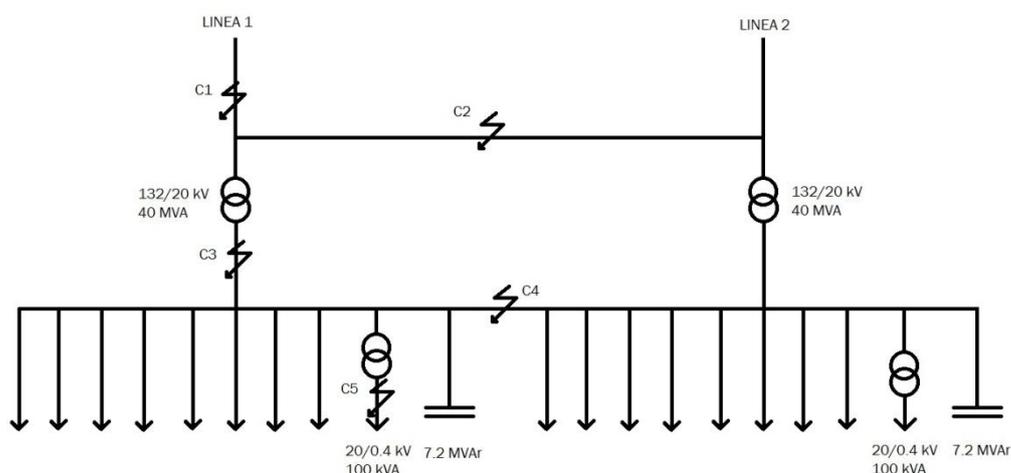


Figura 1: Esquema unifilar de cortocircuito

- En la entrada en la línea 1 (C1).
- En la conexión entre ambas líneas (C2).

- A la salida del transformador de potencia (C3).
- En la conexión de barras entre ambos circuitos a 20 kV (C4).
- A la salida del transformador auxiliar en baja tensión (C5).

## 6.2. POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO.

En primer lugar, para calcular las potencias de cortocircuito en cada punto es necesario conocer la potencia de cortocircuito a la entrada de una de las líneas. Según Iberdrola, la potencia de cortocircuito para una línea de 132 kV es de 3500 MVA.

En segundo lugar, nos hace falta determinar las reactancias por unidad de cada punto para poder determinar dichas potencias. Con el fin de determinar las reactancias por unidad utilizaremos una potencia base que coincidirá con la potencia de cortocircuito de la línea proporcionada por Iberdrola.

### 6.2.1. Cálculo de reactancias por unidad

La expresión matemática que determina la reactancia en una línea es:

$$X = \frac{L * \Omega * Pb}{U^2}$$

Donde:

L = Longitud de la línea, en km.

$\Omega$  = Resistencia de la línea, en  $\Omega/km$ .

Pb = Potencia base, en kVA.

U = Tensión nominal, en kV.

X = Reactancia de la línea en tanto por unidad.

La expresión matemática que determina la reactancia en un transformador es:

$$X = \%X_{cc} \frac{Pb}{Pn}$$

Donde:

Xcc = Valor por unidad de reactancia del transformador.

Pn = Potencia nominal, en kVA.

Conociendo la potencia base que es 3500 MVA, las potencias nominales de cada punto, y  $X_{cc}$  del transformador que es igual al 12%, tenemos los siguientes valores.

	Longitud (km)	Tensión nominal (kV)	Impedancia de la línea ( $\Omega/km$ )	Valor ( $\Omega$ )p.u.
Línea entrada-barras	0.02	132	0.4	1.61
Línea barras-trafo	0.02	132	0.4	1.61
Línea trafo-celdas	0.02	20	0.144	25.2

Tabla 12: Reactancias por unidad de cada línea.

	Reactancia por unidad	Potencia nominal (MVA)	Valor ( $\Omega$ )p.u.
Transformador de potencia	0.12	40	10.5
Transformador auxiliar	0.045	0.1	1575

Tabla 13: Reactancias por unidad en los transformadores.

### 6.2.2. Cálculo de las impedancias equivalentes en cada punto

Una vez determinadas las reactancias en valor por unidad, calcularemos las impedancias equivalentes distinguiendo entre elementos en serie o en paralelo. Para ello aplicaremos el siguiente método en los 5 puntos de cortocircuito que estamos estudiando, pero para no desarrollarlo 5 veces, pondremos el ejemplo del cortocircuito en C3.

Para este caso en concreto el esquema eléctrico se nos queda en:

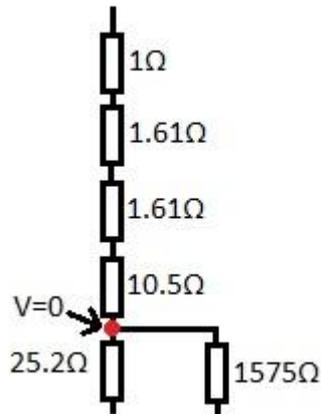


Figura 2: Esquema eléctrico para el cortocircuito C3.

Resolviendo y simplificando el esquema nos queda el siguiente circuito:

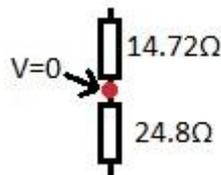


Figura 3: Esquema eléctrico simplificado para el cortocircuito C3.

La impedancia equivalente de este circuito será=

$$Z_{eq} = \frac{14.72 * 24.8}{14.72 + 24.8} = 9.24\Omega$$

El resto de valores que hemos determinado para los otros puntos de cortocircuito estudiados vienen dados en la siguiente tabla:

Punto de cortocircuito	Valores equivalentes de impedancia $\Omega$ (p.u.)
C1	0.953
C2	1.21
C3	9.24
C4	19.89
C5	1584.29

Tabla 14: Impedancias equivalentes por unidad de cada punto.

### 6.2.3. Potencias de cortocircuito

Con el fin de obtener las potencias de cortocircuito correspondientes a cada punto indicado en el esquema unifilar, aplicaremos una ecuación que viene en función de la potencia base a la que nos hemos referido y los valores de las impedancias equivalentes que acabamos de calcular.

$$S_{cc} = \frac{P_b}{X_{eq}}$$

Los valores obtenidos quedaran mostrados en la siguiente tabla:

Puntos de cortocircuito	Valores equivalentes de impedancia $\Omega$ (p.u.)	Potencia de cortocircuito (MVA)
C1	0.953	2624
C2	1.21	2066
C3	9.24	270
C4	19.89	126
C5	1584.29	1.58

Tabla 15 Potencias de cortocircuito.

## 6.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

### 6.3.1. Corrientes eficaces permanentes de cortocircuito.

La corriente permanente de cortocircuito es la corriente que se mantiene fija cuando un cortocircuito se estabiliza. Continúa en un valor permanente sin apenas variación mientras dure la causa que ha provocado el cortocircuito. Esta corriente es la responsable de los efectos térmicos que se producen en los conductores al producirse el cortocircuito.

Esta corriente de cortocircuito permanente vendrá dada en función de la potencia de cortocircuito y la tensión nominal de suministro de dicho punto, como expresa la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_n}$$

Donde:

$S_{cc}$  = Potencia cortocircuito, en MVA.

$U_n$  = Tensión nominal de alimentación, en kV.

$I_{cc}$  = Corriente de cortocircuito permanente, en kA.

La siguiente tabla muestra cada punto con los siguientes datos: Potencia de cortocircuito, tensión nominal y corriente permanente.

Puntos de cortocircuito	Potencia de cortocircuito (MVA)	Tensión nominal (kV)	Corriente permanente de cortocircuito (kA)
C1	2624	132	11.48
C2	2066	132	9.04
C3	270	20	7.79
C4	126	20	3.64
C5	1.58	0.4	2.27

Tabla 16: Corrientes permanentes de cortocircuito.

### 6.3.2. Corriente máxima de choque de cortocircuito.

Es el máximo valor de corriente que se presenta y que coincide con el instante de establecerse el cortocircuito. Este valor de corriente es el utilizado, como veremos más adelante, para calcular los esfuerzos electrodinámicos que sufren los conductores al verse afectados por un cortocircuito, de ahí proviene su importancia.

Este valor que vamos a determinar, es un valor fruto de la experimentación, ya que también refleja el amortiguamiento del circuito. Viene dado por la siguiente ecuación:

$$I_{ch} = 1.8 * \sqrt{2} * I_{cc}$$

Donde:

$I_{ch}$  = Corriente máxima de cortocircuito de choque, en kA.

$I_{cc}$  = Corriente de cortocircuito permanente, en kA.

Expresamos los resultados obtenidos de las corrientes máximas de cortocircuito, en la siguiente tabla:

Puntos de cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Corriente máxima de cortocircuito de choque (kA)
<b>C1</b>	11.48	29.21
<b>C2</b>	9.04	23
<b>C3</b>	7.79	19.84
<b>C4</b>	3.64	9.26
<b>C5</b>	2.27	5.8

Tabla 17: Corrientes máximas de cortocircuito.

#### 6.4. SITUACIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

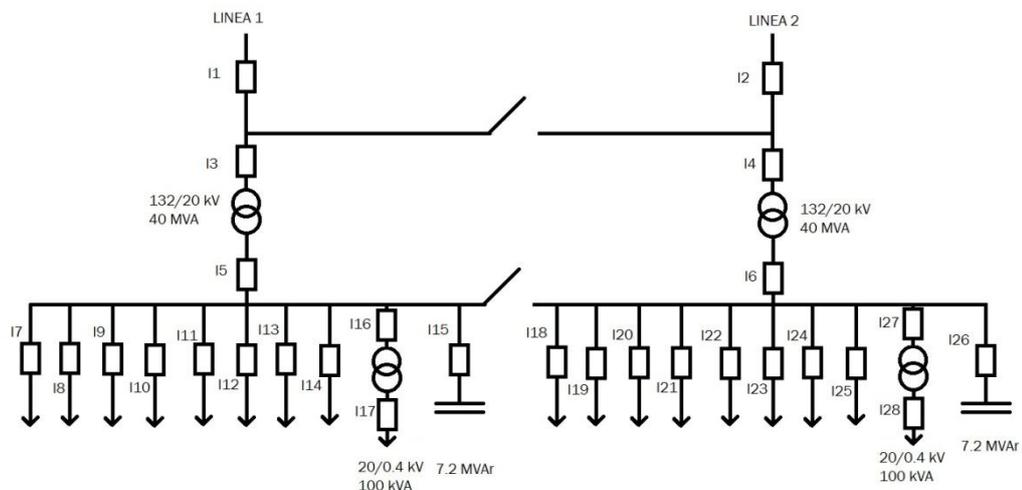


Figura 4: Situación de interruptores automáticos.

## 6.5. CAPACIDAD DE RUPTURA Y CONEXIÓN.

La capacidad de ruptura y la capacidad de conexión son dos parámetros que son utilizados para la selección de interruptores automáticos. Las fórmulas que definen estos parámetros son las siguientes:

Puntos de cortocircuito	Tensión Nominal (kV)	Corriente permanente de cortocircuito (kA)	Capacidad de ruptura (MVA)
<b>C1</b>	132	11.48	2624
<b>C2</b>	132	9.04	2066
<b>C3</b>	20	7.79	270
<b>C4</b>	20	3.64	126
<b>C5</b>	0.4	2.27	1.58

Tabla 18: Capacidad de ruptura.

$$Pr = \sqrt{3} * Un * Icc$$

Donde:

Pr = Capacidad de ruptura, en MVA.

Un = Tensión nominal de alimentación, en kV.

Icc = Corriente de cortocircuito permanente, en kA.

Puntos de cortocircuito	Tensión Nominal (kV)	Corriente máxima de choque (kA)	Capacidad de conexión (MVA)
<b>C1</b>	132	29.21	6678.3
<b>C2</b>	132	23	5258.5
<b>C3</b>	20	19.84	687.28
<b>C4</b>	20	9.26	320.77
<b>C5</b>	0.4	5.8	4.018

Tabla 19: Capacidad de conexión.

Como podemos apreciar, la capacidad de ruptura coincide con la potencia de cortocircuito. La capacidad de ruptura es el poder de desconexión de los interruptores. La capacidad de conexión viene dada por la corriente máxima de choque.

$$P_c = \sqrt{3} * U_n * I_{ch}$$

Donde:

$P_c$  = Capacidad de conexión, en MVA.

$U_n$  = Tensión nominal de alimentación, en kV.

$I_{cc}$  = Corriente máxima de cortocircuito de choque, en kA.

## 6.6. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PARA INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Interruptores Automáticos	Tensión Nominal (kV)	Intensidad Nominal (kA)	Capacidad de ruptura (MVA)	Capacidad de conexión (MVA)	Corriente de desconexión (kA)
<b>I1, I2</b>	132	0.35	2624	6678.3	11.48
<b>I3, I4</b>	132	0.175	2066	5258.5	9.04
<b>I5, I6</b>	20	1.15	270	687.28	7.79
<b>BARRAS 20 KV</b>	20	0.15	126	320.77	3.64
<b>SERVICIOS AUXILIARES AT</b>	20	$2.88 * 10^{-3}$	126	320.77	3.64
<b>SERVICIOS AUXILIARES BT</b>	0.4	0.14	1.58	4.018	2.27

Tabla 20: Resumen de características para Interruptores Automáticos.

Nota: La corriente de desconexión es equivalente a la corriente de cortocircuito permanente.

## **7. SELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS**

La función de los interruptores automáticos es la de interrumpir el paso de la corriente eléctrica a través de un circuito cuando se produce un cortocircuito. También ofrece la posibilidad de abrir o cerrar el circuito bajo control en el caso de maniobras u operaciones de mantenimiento.

### **7.1. INTERRUPTOR PARA PARQUE DE 132 kV**

El interruptor seleccionado para las líneas que suministran potencia a 132 kV, será para todas el mismo interruptor. Es el caso de los interruptores I1, I2, I3 e I4. El escogido es el modelo LTB D1 72.5 – 170 de la casa ABB.

Este interruptor tiene una corriente nominal de hasta 3150 A y una capacidad de interrupción de 40 kA.

### **7.2. INTERRUPTOR PARA PARQUE DE 20 KV**

Para este caso, distinguiremos entre los interruptores que estarán bajo la instalación blindada, en cuyo caso, vendrá dado por el mismo fabricante. La batería de condensadores y el transformador auxiliar vendrán protegidos por fusibles que dichas celdas llevan incorporada.

El interruptor automático seleccionado para las barras de 20 kV que estarán instaladas bajo las celdas blindadas, será el propio que corresponde a la misma instalación, modelo SF1-P.

### **7.3. INTERRUPTOR PARA SUMINISTRO EN BAJA TENSIÓN**

El interruptor seleccionado para proteger la instalación a la que suministra el transformador auxiliar de 100 kV, es el modelo DPX 100 de la casa LEGRAND con corriente nominal de 100 A y poder de corte de 25kV, válido para el caso en cuestión.

## **8. COMPROBACIÓN RESISTENTE AL CORTOCIRCUITO**

### **8.1. ESFUERZOS ELECTRODINÁMICOS**

Las corrientes de cortocircuito provocan esfuerzos electrodinámicos en las barras, apoyos, aisladores y demás elementos de los circuitos recorridos por estas corrientes. El conocimiento de estos esfuerzos resulta esencial para poder dimensionar y seleccionar los sistemas de barras colectoras, los aisladores de apoyo y la distancia entre apoyos, etc. de acuerdo con los esfuerzos producidos. Cabe recordar que los conductores ejercerán fuerzas los unos con los otros.

Por esto, es necesario comprobar que no provocarán ningún desperfecto en barras, derivaciones a líneas, etc.

Dando lugar al caso de cortocircuito trifásico, los máximos esfuerzos aparecen cuando fluye la corriente de choque. Puesto que estos cálculos son más complicados, en lo general se adoptan los resultados que se obtiene en el supuesto de un cortocircuito bipolar, teniendo en cuenta, además, que este es el caso más desfavorable.

La siguiente ecuación expresa la fuerza producida por unidad de longitud que actúa sobre los conductores, en función de la intensidad de choque y la distancia de separación entre dichos conductores.

$$F = 2.04 \frac{I_{max}^2}{d}$$

Donde:

F = Fuerza por unidad de longitud, en kg/m.

I<sub>max</sub> = Corriente de cortocircuito de choque, en kA.

d = Distancia entre conductores, en cm.

#### **8.1.1. Esfuerzos electrodinámicos en conductor rígido a 20 kV.**

Sustituyendo el valor de cortocircuito en ese circuito y la distancia establecida entre conductores, tenemos que la fuerza producida es:

$$F = 2.04 \frac{I_{max}^2}{d} = 2.04 \frac{29.35^2}{100} = 17.57 \text{ kg/m}$$

Donde:

F = Fuerza por unidad de longitud, en kg/m.

I<sub>max</sub> = Corriente de cortocircuito de choque = 29.35 kA

d = Distancia entre conductores = 100 cm.

Combinando esta fuerza con la fuerza que ejerce el peso aparente del conductor, tenemos que:

$$F_t = \sqrt{pa^2 + F^2} = \sqrt{8.26^2 + 17.57^2} = 19.42 \text{ kg/m}$$

El momento flector máximo que sufrirá la barra en función a esta fuerza será:

$$M = \frac{F_t * L^2}{12} = \frac{19.42 * 5^2}{12} = 40.46 \text{ kg.m} = 4046 \text{ kg.cm}$$

El momento resistente de la barra que viene dado por el fabricante es de:

$$W = 10.96 \text{ cm}^3$$

Y por tanto el coeficiente de trabajo que recoge la tensión a la que se ve sometida la barra será:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{4046}{10.96} = 369,19 \text{ kg/cm}^2$$

Por último comprobamos el coeficiente de trabajo con la tensión máxima admisible dada por el fabricante y aplicamos un coeficiente de seguridad de 1.5 según establece el R.L.A.T.

$$369.19 \text{ kg/cm}^2 < \frac{3775.5}{1.5} \text{ kg/cm}^2 = 2517 \text{ kg/cm}^2$$

Como podemos observar, el conductor está preparado para soportar los esfuerzos de cortocircuito y cumple la normativa establecida.

## 8.2. ESFUERZOS TÉRMICOS

Los calentamientos producidos deben ser comprobados para poder limitar sus efectos y no conllevar a mayores peligros que la causa del mero calentamiento controlado.

Para simplificar el cálculo, se supone que, debido a la corta duración del cortocircuito, no se disipa calor al ambiente, por lo que toda la energía se emplea en calentar las partes activas.

Según la siguiente ecuación, para los conductores de potencia de 20 kV instalados subterráneos hasta el edificio de control y conforme a la tabla nº6 del MT 2.31.01 de Iberdrola, el conductor con 400 mm<sup>2</sup> de sección con aislamiento HEPR y con un tiempo de actuación de los elementos de protección de 0.5 s soporta una intensidad de 53. 2 kA, muy superior a los 7.22 kA que se producen en caso de un cortocircuito en ese punto.

## 9. DETERMINACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES

Ya que la instalación de 20 kV no necesitará aisladores, puesto que la línea será subterránea y después aislada en SF6, en este apartado calcularemos la cadena de aisladores necesaria para las líneas de entrada y todo el parque que esté en contacto con las líneas de 132 kV.

## 9.1. JUSTIFICACIÓN ELÉCTRICA

Se llama nivel de aislamiento a la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (o cadena de aisladores) y la tensión entre fases de la línea eléctrica.

Este nivel de aislamiento está en función del nivel de contaminación de la zona. Estos valores se muestran tabulados en la tabla 14 del ITC-LAT 07, que según las condiciones del contorno en el que nos encontramos, observamos que nos encontramos en un nivel de contaminación II, y el nivel de aislamiento mínimo que debemos superar será de 20 mm/kV.

Tabla 14. Líneas de fuga recomendadas

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li> <li>- Zonas agrícolas <sup>2</sup></li> <li>- Zonas montañosas</li> <li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar <sup>3</sup></li> </ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li> <li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)<sup>3</sup>.</li> </ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li> <li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar <sup>3</sup>).</li> </ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.</li> <li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li> </ul>	31,0

<sup>1</sup> Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).  
<sup>2</sup> Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.  
<sup>3</sup> Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Tabla 21: Nivel de aislamiento en función de la contaminación.

En segundo lugar, determinaremos la tensión de contorneamiento de la cadena:

$$U_c = \frac{4U}{\sqrt{5}} = \frac{4 * 132}{\sqrt{5}} = 236.12 \text{ kV}$$

Como vamos a instalar un aislador de composite, nos interesa conocer la línea de fuga mínima que debe de tener el aislador. Puesto que el nº de aisladores será la unidad, pues es un único elemento, tenemos que la línea de fuga necesaria será:

$$\text{línea de fuga} = \frac{\text{Tensión más elevada}}{n^{\circ} \text{ aisl}} * n. a. = \frac{145 * 20}{1} = 2900\text{mm}$$

Seleccionamos el aislador FSB 120XF 43 S0 – 3201, cuya línea de fuga es de 3201 mm, y por tanto el nivel de aislamiento final será:

$$n. a. = \frac{\text{línea de fuga} * n^{\circ} \text{ aisl}}{\text{Tensión más elevada}} = \frac{3201 * 1}{145} = 22\text{mm/kV}$$

Según las tablas de este aislador, las tensiones admisibles para seco y mojado respectivamente son de 375 kV y 310 kV. Puesto que el peor de los casos va a ser en mojado, debemos comprobar que la tensión de contorneamiento es inferior a esta:

$$310\text{kV} > 236.12 \text{ kV}$$

Como se cumple esta condición, el aislador propuesto es válido desde el punto de vista eléctrico.

## 9.2. JUSTIFICACIÓN MECÁNICA

Desde el punto de vista mecánico, tendremos que comprobar que es válido el aislador seleccionado anteriormente. Esto se cumplirá cuando el coeficiente de seguridad de la instalación sea superior a 3. El coeficiente de seguridad viene dado por:

$$CS = \frac{Cr}{Et} > 3$$

Donde:

CS = Coeficiente de seguridad.

Cr = Carga de rotura del elemento más débil de la cadena.

Et = Esfuerzo total al que se somete la cadena.

Para determinar el esfuerzo total de la cadena distinguiremos 3 apartados:

1. Peso de la fase

$$p = n^{\circ} * p_p * a$$

Donde:

p = Peso de la fase, en kg.

n<sup>o</sup> = Número de conductores por fase.

$p_p$  = Peso propio del conductor, en kg/m.

$a$  = Longitud del vano, en metros.

Suponiendo que el vano más largo que tenemos que estudiar será de 40 metros, que será el de la entrada a la subestación, tenemos que el peso de la fase es:

$$p_1 = 1 * 0.98 * 40 = 19.6 \text{ kg}$$

## 2. Peso de aisladores + herrajes

En este apartado tendremos en cuenta los elementos seleccionados para formar la cadena, su peso y sus cargas de rotura:

Unidades	Componente de la cadena de aisladores	Peso (kg)	Carga de rotura (daN)
1	Aislador FSB 120XF 43 S0-3201	7	10000
1	Rótula Corta R16	0.55	12500
1	Grapa de Amarre GA-4T	4.3	13000

Tabla 22: Componentes de la cadena de aisladores

Una vez obtenidos estos valores, podemos calcular el peso que proporciona la cadena de aisladores y sus herrajes:

$$p_2 = 0.55 + 7 + 4.3 = 11.85 \text{ kg}$$

## 3. Sobrecarga de la zona

Teniendo en cuenta que nos encontramos en Zona A según el RAT, consideraremos que nuestra línea se ve afectada por una carga de viento que circula a 120 km/h. Y teniendo en cuenta el vano que estudiamos, el diámetro del conductor y la presión ejercida por el viento, la sobrecarga debida al viento será:

$$S_{bv} = p_v * \varnothing * a = 50 * 21.8 * 10^{-3} * 40 = 43.6 \text{ kg}$$

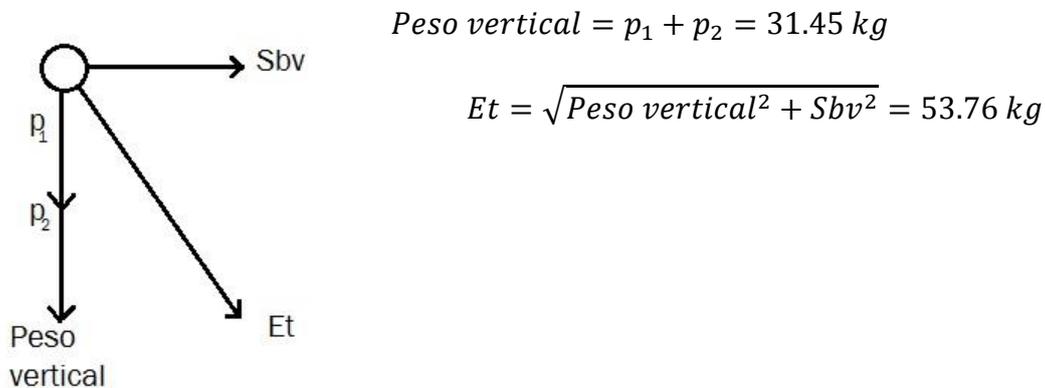
Donde:

$p_v$  = Presión del viento, en kg/m<sup>2</sup>.

$\varnothing$  = Diámetro del conductor, en metros.

$a$  = Longitud del vano, en metros.

Por último calcularemos el esfuerzo resultante del peso de la fase, el peso de la cadena de aisladores y herrajes; y la fuerza provocada por la sobrecarga del viento.



El coeficiente de seguridad será:

$$CS = \frac{Cr}{Et} = \frac{10000}{53.76} = 186.01 > 3$$

Como cumple la condición impuesta, es válido desde el punto de vista mecánico. También hay que añadir que el resto de tramos que sean inferiores al supuesto en este estudio, quedarán protegidos ya que las fuerzas producidas serán inferiores a esta.

## 10. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

La mayoría de equipos que se conectan a la red, contiene bobinas que consumen potencia reactiva de la línea. Esto hace que las líneas contengan además de potencia activa, potencia reactiva y que esta ocupe un espacio en las líneas de transporte que no se puede aprovechar para transportar más energía activa. Con el fin de disminuir la potencia reactiva de las líneas se instalan las baterías de condensadores.

La instalación de una batería de condensadores ayuda a reducir el nivel de pérdidas en una línea de distribución porque supone una disminución directa de la potencia reactiva y aparente solicitada al sistema.

Para nuestro caso en concreto, tenemos unas baterías de condensadores de 7.2 MVar y consideraremos que en el caso más desfavorable, la subestación tendrá un factor de potencia de 0.8.

Estudiaremos el triángulo de potencias que se da para la potencia suministrada por el transformador de 40 MVA.

$$P = S * \cos \varphi = 40 * 0.8 = 32 \text{ MW}$$

$$Q = S * \sin \varphi = 40 * 0.6 = 24 \text{ MVAr}$$

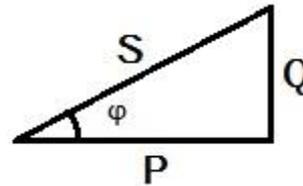
Donde:

P= Potencia activa, en MW.

Q= Potencia reactiva, en MVAr.

S = Potencia aparente, en MVA.

$\varphi$  = Ángulo de desfase.



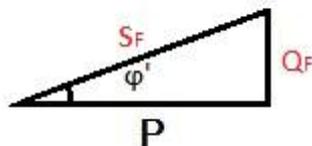
Teniendo en cuenta que la potencia reactiva que va a absorber las baterías de condensadores es de 7.2 MVAr, la potencia reactiva total en la línea ahora será:

$$Q_F = Q_0 - Q_c = 24 - 7.2 = 16.8 \text{ MVAr}$$

Por tanto la nueva potencia aparente consumida será:

$$S_F = \sqrt{P^2 + Q_F^2} = 36.14 \text{ MVA}$$

Esto permitirá un mayor aprovechamiento de la potencia activa, puesto que nuestra subestación está diseñada para 40 MVA.



## 11. CÁLCULO DE AUTOVÁLVULA-PARARRAYOS

A la hora de determinar que pararrayos vamos a instalar en nuestra subestación hay que aclarar unos detalles. El primero, será que instalaremos un pararrayos por fase y línea lo más cerca posible del transformador de potencia,

pues es el equipo más valioso que tenemos y el que más nos interesa proteger. El segundo, será que distinguiremos a la hora de hacer los cálculos dos apartados de cálculo: el parque de 132 kV y el parque de 20 kV.

Por otro lado, añadir que para seleccionar el pararrayos correcto para nuestra instalación, deben cumplir una serie de condiciones que se exponen a continuación:

- Coordinación de ondas con equivalente al frente de onda.

$$\left( \frac{1.15 * \text{Tensión soportada a los impulsos tipo rayo}}{\text{Tensión máxima residual al frente de onda}} - 1 \right) * 100 > 30\%$$

- Coordinación entre los valores soportados a plena onda y a las tensiones residuales con onda 8/20µs.

$$\left( \frac{\text{Tensión soportada a los impulsos tipo rayo}}{\text{Tensión residual con onda 8/20µs para Id}} - 1 \right) * 100 > 30\%$$

- Coordinación contra sobretensiones debido a maniobras.

$$\left( \frac{\text{Tensión soportada a los impulsos tipo rayo} * 0.83}{\text{Tensión residual contra tensiones de maniobra}} - 1 \right) * 100 > 30\%$$

Y por último comprobar que la distancia que protege el pararrayos es mayor que la que queremos proteger, pues si no dejaremos elementos sin protección.

- Distancia de protección

$$L = \frac{V}{2S} (\text{Tensión soportada a los impulsos tipo rayo} - \text{Tensión residual con onda 8/20µs para Id})$$

### 11.1. JUSTIFICACIÓN PARA PARQUE DE 132 KV.

En este apartado comenzaremos obteniendo de las tablas las tensiones necesarias para la selección del pararrayos. Según el reglamento, la tensión más elevada para el material correspondiente a una tensión nominal de la red de 132 kV, es de:

TENSION NOMINAL DE LA RED (Un) kV		TENSION MAS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV	
3		3,6	
6		7,2	
10		12	
15		17,5	
20 *		24	
30		36	
45		52	
66 *		72,5	
110		123	
132 *		145	
220 *		245	
380 *		420	

Teniendo en cuenta que el pararrayos que seleccionemos será de la casa INAEL, obtendremos de sus tablas la **tensión asignada  $U_r$**  y la **tensión de servicio continuo  $U_c$** .

SELECCIÓN DE LOS PARARRAYOS RECOMENDADOS  
PARA DIFERENTES SISTEMAS

Tensión entre fases kV		Circuito con eliminación automática de defectos a tierra **		Circuitos con neutro aislado o puesto a tierra sin eliminación automática de los defectos a tierra ***	
Asignada	Máxima	PARARRAYOS		PARARRAYOS	
		$U_r$	$U_c$	$U_r$	$U_c$
2,4	2,52	3	2,55	3	2,55
3*	3,6	3	5,1	6	5,1
4,16	4,37	6	2,55	6	5,1
4,8	5,04	6	5,1	6	5,1
6*	7,2	6	5,1	9	7,65
6,9	7,25	6	5,1	9	7,65
8,32	8,74	6	5,1	10	8,4
10*	12	9	7,65	12	10,2
12	12,7	10	8,4	18	15,3
13,2	13,9	12	10,2	18	15,3
13,8	14,5	12	10,2	-	-
15*	17,5	15	12,7	18	15,3
20*	24	21	17	24	19,5
23	24,2	21	17	30	24,4
24,9	26,1	21	17	36	29
30*	36	30	24,4		
34,5	36,2	30	24,4	45	36,5
45*	52	42	34,6	48	36,5
46	48,3	439	31,5	54	42
66*	72,5	66	54	72	57
69	72,5	60	48	72	57
110*	123	108	84	120	98
115	124	108	84	120	98
132*	145	120	98	144	115
138	145	120	98	144	115
161	169	144	115	-	-
220*	245	180	144		
230	242	180	144		

Y con estos valores obtendremos que la **tensión máxima residual al frente de onda** es 273 kV, la **tensión residual contra sobretensiones** es 224 kV y la **tensión residual con onda 8/20  $\mu$ s para una  $I_d = 10$  kA** tiene un valor de 271 kV. Estos datos son obtenidos de la siguiente tabla:

Donde  $I_d = 10$  kA, viene en función del nivel isocerámico de la zona.



CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Tensión Asignada Ur (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT (1)		Equivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobras *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	96.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	243	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

Por último, la tensión soportada a los impulsos tipo rayo para la tensión más elevada para el material será de 550 kV, que hemos seleccionado para una mayor protección y seguridad, cumpliendo los niveles de aislamiento del transformador de potencia, según la tabla 2 del MIE-RAT sobre nivel de aislamiento:

TENSION MAS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)	TENSION SOPORTADA NOMINAL A LOS IM- PULSOS TIPO RAYO	TENSION SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACION A FRE- CUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta	kV eficaces
52	250	95
72,5	325	140
123	450	185
145	550	230
170	650	275
245	750	325
	850	360
	950	395
	1 050	460

Resumiendo todos los valores en una tabla tenemos:

Tensión entre fases	132 KV
Tensión máxima reglamentaria	145 KV
Tensión asignada $U_R$	120 KV
Tensión servicio continuo $U_c$	98 KV
Tensión máxima residual al frente de onda	273 KV
Tensión residual contra sobretensiones de maniobra	224 KV
Tensión residual con onda 8/20 $\mu$ s para $I_d=10$ KA	271 KV
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo	550 KV

Una vez obtenidas todas las tensiones, aplicaremos las ecuaciones pertinentes para comprobar los márgenes de protección:

- Coordinación de ondas con equivalente al frente de onda:

$$MP = \left( \frac{1.15 * 550}{273} - 1 \right) * 100\% = 131.68\% > 30\%$$

- Coordinación entre los valores soportados a plena onda y a las tensiones residuales con onda 8/20  $\mu$ s:

$$MP = \left( \frac{550}{271} - 1 \right) * 100\% = 102.95\% > 30\%$$

- Coordinación contra sobretensiones debido a maniobras:

$$MP = \left( \frac{0.83 * 550}{224} - 1 \right) * 100\% = 103.79\% > 30\%$$

A continuación vemos los metros que cubre nuestro pararrayos:

$$L = \frac{300}{2 * 100 * \frac{145}{12}} (550 - 271) = 34.63m$$

Donde  $V = 300m/\mu s$  para tramos aéreos y  $S = 100$  kV por cada 12 de tensión compuesta máxima de servicio.

Como la entrada de la línea a la subestación está situada a menos de 30 metros de la posición del pararrayos, consideramos que cubre todos los elementos que hay en su interior en la parte de alta.

## 11.2. JUSTIFICACIÓN PARA PARQUE DE 20 KV.

En este apartado procederemos actuando con el mismo método anteriormente usado. Según el reglamento, la tensión más elevada para el material correspondiente a una tensión nominal de la red de 20 kV, es de:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED ( $U_n$ ) kV	TENSIÓN MAS ELEVADA DE LA RED ( $U_s$ ) KV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
25	30
30	36
45	52
66*	72,5
110	123
132*	145
150	170
220*	245
400*	420

Teniendo en cuenta que el pararrayos que seleccionemos es de la casa INAEL, obtendremos de sus tablas la **tensión asignada  $U_r$**  y la **tensión de servicio continuo  $U_c$** .

SELECCIÓN DE LOS PARARRAYOS RECOMENDADOS  
PARA DIFERENTES SISTEMAS

Tensión entre fases kV		Circuito con eliminación automática de defectos a tierra **		Circuitos con neutro aislado o puesto a tierra sin eliminación automática de los defectos a tierra ***	
Asignada	Máxima	PARARRAYOS		PARARRAYOS	
		$U_r$	$U_c$	$U_r$	$U_c$
2,4	2,52	3	2,55	3	2,55
3*	3,6	3	5,1	6	5,1
4,16	4,37	6	2,55	6	5,1
4,8	5,04	6	5,1	6	5,1
6*	7,2	6	5,1	9	7,65
6,9	7,25	6	5,1	9	7,65
6,32	8,74	6	5,1	10	8,4
10*	12	9	7,65	12	10,2
12	12,7	10	8,4	18	15,3
13,2	13,9	12	10,2	18	15,3
13,8	14,5	12	10,2	-	-
15*	17,5	15	12,7	18	15,3
20*	24	21	17	24	19,5
23	24,2	21	17	30	24,4
24,9	26,1	21	17	36	29
30*	36	30	24,4	-	-
34,5	36,2	30	24,4	45	36,5
45*	52	42	34,6	48	36,5
46	48,3	439	31,5	54	42
66*	72,5	66	54	72	57
69	72,5	60	48	72	57
110*	123	108	84	120	98
115	121	108	84	120	98
132*	145	120	98	144	115
138	145	120	98	144	115
161	169	144	115	-	-
220*	245	180	144	-	-
230	242	180	144	-	-
380	420	336	270	-	-

Y con estos valores obtendremos que la **tensión máxima residual al frente de onda** es 51.5 kV, la **tensión residual contra sobretensiones** es 39.6 kV y la **tensión**

residual con onda 8/20  $\mu\text{s}$  para una  $I_d = 10 \text{ kA}$  tiene un valor de 51 kV. Estos datos son obtenidos de la siguiente tabla:

Donde  $I_d = 10 \text{ kA}$ , viene en función del nivel isocerámico de la zona.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Tensión Asignada $U_r$ (kV eficaces)	Tensión Continua $U_c^*$ (kV eficaces)	STT <sup>(1)</sup>		Equivalente al frente de onda <sup>**</sup> (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra <sup>***</sup> (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 $\mu\text{seg}$						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

Por último, la tensión soportada a los impulsos tipo rayo para la tensión más elevada para el material será de 125 kV, que hemos seleccionado para una mayor protección y seguridad, según la tabla 2 del MIE-RAT sobre nivel de aislamiento:

Tabla 1

Tensión mas elevada para el material ( $U_m$ ) kV eficaces	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo		Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial kV eficaces
	Lista1	Lista2	
	kV cresta		
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12	60	75	28
17.5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70

Resumiendo todos los valores en una tabla tenemos:

Tensión entre fases	20 KV
Tensión máxima reglamentaria	24 KV
Tensión asignada $U_R$	21 KV

Tensión servicio continuo $U_c$	17 KV
Tensión máxima residual al frente de onda	51.5 KV
Tensión residual contra sobretensiones de maniobra	39.6 KV
Tensión residual con onda 8/20 $\mu$ s para $I_d=10$ KA	51 KV
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo	125 KV

Una vez obtenidas todas las tensiones, aplicaremos las ecuaciones pertinentes para comprobar los márgenes de protección:

- Coordinación de ondas con equivalente al frente de onda:

$$MP = \left( \frac{1.15 * 125}{51.5} - 1 \right) * 100\% = 179.13\% > 30\%$$

- Coordinación entre los valores soportados a plena onda y a las tensiones residuales con onda 8/20  $\mu$ s:

$$MP = \left( \frac{125}{51} - 1 \right) * 100\% = 145.09\% > 30\%$$

- Coordinación contra sobretensiones debido a maniobras:

$$MP = \left( \frac{0.83 * 125}{39.6} - 1 \right) * 100\% = 162\% > 30\%$$

A continuación vemos los metros que cubre nuestro pararrayos:

$$L = \frac{150}{2 * 100 * \frac{24}{12}} (125 - 51) = 27.75m$$

Donde  $V = 150m/\mu$ s para tramos subterráneos y  $S = 100$  kV por cada 12 de tensión compuesta máxima de servicio.

Como las celdas blindadas subestación está situada a menos de 25 metros de la posición del pararrayos, consideramos que cubre todos los elementos que hay en su interior en la parte de baja.

El pararrayos seleccionado es de la casa INAEL con referencia **8110D0001J120**.

## 12. CÁLCULO E INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRAS

En primer lugar, tendremos en cuenta que la resistividad del terreno donde nos encontramos es de 100  $\Omega$ .m y la resistividad superficial de la capa de grava es de 4000  $\Omega$ .m. Habiendo puntualizado esto, pasamos a realizar los cálculos pertinentes.

### 12.1. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA.

Para determinar la corriente máxima de puesta a tierra, utilizaremos la corriente de cortocircuito más desfavorable (calculada anteriormente) de toda la instalación, es decir, en el punto C4.

$$I_{cc} = 11.53 \text{ kA}$$

Según MIE-RAT 13, tabla 3; será de aplicación esta corriente de cortocircuito multiplicada por 0.7 por estar aplicada para instalaciones con tensiones superiores a 110 kV con el neutro rígido puesto a tierra.

$$I_D = 0.7 * I_{cc} = 8.071 \text{ kA}$$

Consideramos que las faltas que se produjeran serán solventadas en 0.5s; tiempo de actuación de los elementos de protección instalados.

### 12.2. DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA. SECCIÓN DEL CONDUCTOR.

En este apartado determinaremos que sección de conductor nos es necesaria para nuestra malla de toma tierra. También estableceremos unos parámetros físicos de diseño para la malla de toma de tierra,

Para instalaciones de cable de cobre, tenemos que la densidad de corriente máxima permitida es de 160 A/mm<sup>2</sup>. Por lo que la sección del conductor debe ser:

$$\delta = \frac{I}{S} \rightarrow S = \frac{I}{\delta} = \frac{8071}{160} = 50.44 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 95 \text{ mm}^2$$

Por tanto, utilizaremos conductor de cobre de sección 95mm<sup>2</sup> para nuestra malla de tierra. Propondremos a su vez, una malla de tierra formada por conductores separados 3 m entre sí y enterrados a una profundidad de 0.8m. En el perímetro de la malla se instalarán picas de cobre de 1m de longitud en los cruces de líneas (cada 3 metros) como se muestran gráficamente en los planos.

### 12.3. DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO REALES.

Las ecuaciones que establecen las tensiones de paso y contacto reales, son las siguientes:

$$E_{\text{contacto}} = Km. Ki. \frac{I_D}{L} \rho$$

$$E_{\text{paso}} = Ks. Ki. \frac{I_D}{L} \rho$$

Donde:

$E_{\text{contacto}}$  = Tensión de contacto real, en V.

$E_{\text{paso}}$  = Tensión de paso real, en V.

$K_m$ ,  $K_i$  y  $K_s$  = Factores propios de construcción de la malla de tierra.

$\rho$  = Resistividad eléctrica del terreno, en  $\Omega \cdot m$ .

$I_D$  = Intensidad de defecto a tierra, en A.

$L$  = Sumatorio de las longitudes de los conductores de tierra instalados, en m.

Las ecuaciones que describen los valores de los factores constructivos de la malla de tierra son las siguientes:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left[ \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{Kh} \ln \frac{8}{\pi(2n-1)} \right]$$

Donde:

$D$  = Distancia de separación entre conductores, en m.

$h$  = Profundidad de enterramiento, en h.

$d$  = Diámetro del conductor, en m.

$n$  = Número de conductores.

$K_{ii} = 1$ , cuando la malla tiene picas enterradas a lo largo del perímetro.

$$Kh = \sqrt{1+h}$$

$$K_i = 0.172 \cdot n + 0.656$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+d} + \frac{1}{D} [1 - 0.5^{(n-2)}] \right]$$

- Para las tensiones de paso los factores  $K_i$  y  $K_s$  deben calcularse con el número de conductores más elevado que exista en una de las dos direcciones.
- Para la tensión de contacto los factores  $K_i$  y  $K_m$  deben calcularse adoptando como número de conductores la media geométrica de los que hay en cada dirección.

$$n = \sqrt{n_A \cdot n_B}$$

$$K_m = 0.477$$

$$K_i = 3.28$$

$$L = 1313.5m$$

Con estos valores obtenidos, ya podemos determinar el valor de la tensión de contacto real:

$$E_{contacto} = 0.48 * 3.28 * \frac{8071}{1313.5} * 100 = 967.41 V$$

Para determinar la tensión de paso real, hay que recalcular el valor de  $K_i$ , que no es el mismo puesto que ahora el número de conductores se considera en la dirección que más conductores tiene la malla. Por otro lado, calcularemos el valor de  $K_s$  y tenemos que:

$$K_i = 3.752$$

$$K_s = 0.41$$

Y por último, con estos valores, ya podemos obtener el valor de la tensión de paso real:

$$E_{paso} = 0.41 * 3.752 * \frac{8071}{1313.5} * 100 = 845.24 V$$

#### 12.4. DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO REGLAMENTARIAS.

Las tensiones de paso y contacto reglamentarias vienen determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$V_{paso} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho s}{1000} \right), en V$$

$$V_{contacto} = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1.5\rho s}{1000} \right), en V$$

Donde:

$t$  = Tiempo de duración de la falta, en s.

$\rho s$  = Resistividad eléctrica de la capa de grava superficial, en  $\Omega.m$ .

Los valores de  $K$  y  $n$ , vienen tabuladas en función del tiempo de duración de la falta (0.5s) que en nuestro caso son:

$$K = 72$$

$$n = 1$$

Por tanto, los valores reglamentarios de las tensiones respectivas, son:

$$V_{paso} = \frac{10 * 72}{0.5} \left( 1 + \frac{6 * 4000}{1000} \right) = 36000 V$$

$$V_{contacto} = \frac{72}{0.5} \left( 1 + \frac{1.5 * 4000}{1000} \right) = 1008 V$$

## 12.5. CONCLUSIONES.

Una vez realizados todos los cálculos pertinentes, comprobamos que los valores obtenidos de las tensiones de paso y contacto reales son inferiores a los valores reglamentarios, dando en este caso por válido, nuestra instalación.

$$V_{paso} > E_{paso} \rightarrow 36000 V > 845.24 V$$

$$V_{contacto} > E_{contacto} \rightarrow 1008 V > 967.41 V$$

Como se cumple la condición impuesta, damos por válido nuestra instalación quedando como:

- Conductores de cobre de sección 95 mm<sup>2</sup>.
- Distribuidos en forma de malla, formando cuadrados de lado 3m.
- Instalación de tierra enterrada a 0.8m de profundidad.
- Con picas de longitud 1m instaladas en los fin de línea del perímetro.
- El edificio de control se conectará a la red de tierra.
- Todos los elementos que componen el parque eléctrico, serán conectados a la red de tierra.

Todos los detalles de la malla serán representados en los planos correspondientes a la red de tierra.



# **DOCUMENTO 3: PLIEGO DE** **CONDICIONES**

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1. DESCRIPCIÓN.**

Las condiciones y cláusulas a las que hace referencia el presente Pliego de Condiciones tratan de la contratación por parte de persona física o jurídica del Proyecto correspondiente a la Subestación Transformadora y todas sus memorias y cálculos derivados.

### **1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.**

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones, se extiende a todos los sistemas eléctricos, de alta y media tensión, instrumentación y control que forman parte del presente Proyecto, el cual comprende además del Pliego de Condiciones, los siguientes documentos:

- Memoria.
- Cálculos.
- Presupuesto.
- Anexos (Planos, etc).

Lo indicado en el presente apartado será de aplicación a todos los trabajos que se deben realizar para la Subestación, bien sean las obras que se ejecuten en campo y en sala de control como los concernientes en el parque de intemperie (132 kV).

Como capítulo último del presente apartado, se incluyen las especificaciones técnicas relativas a las características constructivas y condiciones de servicio de los materiales a utilizar en el proyecto.

Este proyecto tiene carácter de obligado cumplimiento, una vez cumplimentado con los correspondientes sellos y legalizado.

## **2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS.**

### **2.1. CONTRATO.**

El contrato se formalizará mediante documento privado que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes, corriendo los gastos derivados de esta acción por parte del Contratista. Este contrato comprenderá la adquisición de materiales necesarios para realizar el conjunto de los trabajos descritos, programación, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra en el plazo estipulado, así como la reposición de unidades defectuosas, la

realización de obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se produzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la Propiedad deberán firmarlos.

## **2.2. RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

### **2.2.1. Rescisión del contrato de algunas de las partes.**

El contratista podrá rescindir el contrato, en los casos que se especifiquen en la Ley de Contrato de Trabajo, no siendo de abono, en caso alguno, cantidad superior al trabajo efectuado.

El incumplimiento sin causa justificada de alguna de las condiciones reflejadas en el contrato o en esta documentación, dará derecho a la propiedad a rescindir automáticamente el contrato.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato por parte de la propiedad las siguientes:

- La quiebra o suspensión de pagos del Contratista.
- El que no se dé comienzo al trabajo en el plazo señalado en el Contrato.
- El que se rehuya repetidamente el suministro de personal con el grado de especialización necesaria o de material de la calidad requerida.
- El incumplimiento de la legislación vigente.
- El incumplimiento reiterado de las obligaciones frente a terceros.
- El incumplimiento reiterado de las instrucciones del Técnico de la propiedad que supervisa los trabajos realizados.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La negligencia en la ejecución de los trabajos.
- Incumplimiento del Contrato en todo o en parte con perjuicio para los intereses de la obra.

La Propiedad comunicará por escrito al Contratista, los anteriores fallos y si el Contratista no tomase las medidas oportunas para remediarlos en el plazo máximo de diez días, el Propietario tendrá derecho a exigir la paralización del trabajo en el estado en que se encuentre, sin perjuicio de reclamar las responsabilidades consiguientes.

Una vez advertido el Contratista de la paralización del trabajo, éste procederá inmediatamente a:

- Detener cualquier actividad relacionada con el trabajo.
- Permitir al Propietario todos los derechos relacionados con el trabajo de que el Contratista fuera titular frente a terceros.

En los casos previstos en esta cláusula, el Contratista será indemnizado por todos los trabajos efectuados hasta el momento de la paralización del trabajo, en la medida en que éstos hayan sido efectuados de acuerdo con el Contrato.

Si debido a la rescisión del Contrato por las causas antes citadas se produjeran retrasos en el conjunto o las partes de la obra será de aplicación la cláusula de penalización acordada.

Con arreglo a los efectos que se establecen en el artículo 1594 del Código Civil, la Propiedad, por su sola voluntad, podrá rescindir el presente Contrato de ejecución, aunque los trabajos hubieran comenzado.

En caso de conflicto, en cuanto a la interpretación de esta cláusula se estará a lo dispuesto en los artículos 1088 a 1253 del Código de Comercio, en cuanto a la suspensión de pagos y quiebra.

### **2.2.2. Resolución unilateral del contrato.**

En el caso en que la propiedad decidiera rescindir el Contrato unilateralmente, el Contratista tendrá derecho a solicitar la liquidación de todas sus obligaciones. La Propiedad abonará del trabajo realizado, las retenciones efectuadas y devolverá la fianza (si la hubiera).

### **2.3. INDEMNIZACIONES-RECLAMACIONES.**

El contratista eximirá al Propietario de toda responsabilidad por cualquier pérdida o daño en los bienes de su propiedad o encomendados al cuidado, custodia o control del Contratista, sus agentes o empleados.

El Contratista indemnizará y exonerará al Propietario de toda responsabilidad por cualquier reclamación presentada a terceros referentes a imposición de costes, tasas judiciales o minutas de Abogados y Procuradores por pleitos relacionados directa o indirectamente con el trabajo.

En todo caso, el Contratista acepta y asume la responsabilidad exclusiva por el exacto cumplimiento de todas las obligaciones establecidas por disposiciones Nacionales, Provinciales o Municipales, Reglamentaciones, Ordenanzas o Estatutos,

relacionados con el Seguro de Desempleo, Seguro de Accidentes de Trabajo y, en general, por todas las normas que pueden implicar un cargo o responsabilidad del Propietario.

El Contratista se compromete a rembolsar al Propietario de las sumas que éste se vea obligado a pagar debido a negligencias por parte del Contratista en el cumplimiento de sus obligaciones.

El Contratista mantendrá al Propietario al margen de cualquier reclamación por parte de terceros, relacionados, directa o indirectamente con el trabajo. Si en cualquier momento se probara la existencia de algunas de estas reclamaciones, imputable al Contratista, y por la que el Propietario pudiera ser hecho responsable, el Propietario tendrá derecho a descontar de cualquier pago debido, según Contrato, la cantidad suficiente para afrontar los gastos de esta reclamación.

## **2.4. SEGUROS.**

### **2.4.1. Seguros de construcción.**

La necesidad de producir los Seguros de Construcción vendrá fijado en el Contrato. En el caso en que así se fije, deberán cumplirse las condiciones siguientes:

Previamente en el inicio de los trabajos contratados, el Contratista facilitará a la Propiedad una plataforma de las pólizas de seguro de construcción que pretenda suscribir, al solo efecto de que ésta quede informada sobre su alcance y efectos y sin que tal conocimiento implique conformidad con las mismas y exoneración de las responsabilidades que el Contratista acepta en orden a cubrir la totalidad de los riesgos que puedan derivarse como consecuencia de la ejecución de los trabajos a realizar.

Todas las pólizas de seguro serán ejecutadas de manera que el Asegurador se compromete a no cancelar la póliza durante su período de aplicación sin haber avisado a la Propiedad por escrito con treinta días de anticipación de la fecha de cancelación.

A petición de la Dirección de Ejecución, el Contratista entregará una copia de los recibos de pago de las citadas pólizas.

El Contratista avisará por escrito a la Propiedad si, a su juicio, se precisan seguros adicionales durante la ejecución de los trabajos. La aceptación de esta propuesta por parte de la Propiedad queda a elección de ella.

#### **2.4.2. Otros seguros.**

En todo momento, durante la ejecución de los trabajos, el Contratista mantendrá a su costo los siguientes seguros:

- **Personal.** Seguros laborables hasta los límites legales establecidos.
- **Vehículos.** Seguros cubriendo como mínimo los daños a terceros. Se incluye en este apartado el transporte del personal si se realiza en vehículos del Contratista.
- **Transporte.** Seguros de transporte de materiales y equipos de la Propiedad transportados por terceros.
- **Seguro de Responsabilidad Civil.** El Contratista queda obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúen para evitar posibles accidentes, además de las que se indican en el Estudio de Seguridad y Pliego de Condiciones.

El contratista será responsable durante la obra, de todos los daños y perjuicios directos e indirectos, que se puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad, empresa o servicio público o privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo y de la deficiente organización de la obra.

Las responsabilidades mencionadas alcanzarán directamente al Contratista que será considerado como único responsable, aún cuando el hecho que las produzca merezca la calificación de accidente o caso fortuito.

El Contratista deberá presentar una fotocopia de la póliza en vigor, extendida por una compañía de suficiente solvencia, así como el último recibo pagado, comprometiéndose asimismo a presentar los sucesivos recibos que vengán durante la ejecución de los trabajos. La propiedad se reserva el derecho de solicitar la inclusión o modificación de las cláusulas que considere oportunas para que el seguro tenga su pleno efecto.

La póliza deberá considerar como “terceros” a las otras empresas y personas de las mismas que intervengan en la obra simultáneamente, incluyendo la cobertura por daños que puedan causar a bienes preexistentes, tanto ya entregados a la Propiedad como en curso de ejecución. Asimismo deberá incluirse la Responsabilidad Civil Cruzada y la Patronal, la derivada de Equipos y Maquinaria, la Subsidiaria de los Subcontratistas que puedan intervenir, la derivada del Mantenimiento con un mínimo de doce meses, la Subsidiaria por utilización de Vehículos de Terceros, todo ello con cláusula de renuncia por parte de la entidad

aseguradora (del Contratista) de los derechos de subrogación de recobro sobre la Propiedad o contra otra empresa concurrente en la obra.

Asimismo deberán presentar fotocopia de la póliza Acumulativa de Accidentes según el Convenio al que pertenece la empresa que ejecute los trabajos.

El Contratista será responsable único de los daños y perjuicios que se deriven del incumplimiento de la legislación vigente en esta materia, ya que se consideran incluidos en el precio de la Contrato todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones, contenidas en el Estudio de Seguridad presentado y Plan de Seguridad elaborado en base al mismo.

Si por incumplimiento del Plan de Seguridad o negligencia en la exigencia de su cumplimiento se produjera algún accidente, que diera lugar a la paralización de los trabajos, el retraso que por esta circunstancia se produzca no podrá considerarse como causa de justificación del mismo.

El Contratista queda obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la actual legislación de material laboral, seguros, vargas y demás disposiciones vigentes de carácter social, que en lo sucesivo pongan en vigor, no siendo responsable la Propiedad del incumplimiento de las mismas, ni de las que se dicten por las Autoridades competentes.

## **2.5. JURISDICCIÓN Y FUERO DEL CONTRATO.**

Cualquier duda o discrepancia que pudiera surgir entre las partes Contratantes durante la vigencia del Contrato, en orden a su interpretación, desarrollo y definitiva ejecución, será resuelta por medio del procedimiento especial de Arbitraje de Equidad, previsto y regulado por la Ley Española de 22 de Diciembre de 1953.

A menos que el Contrato se especifique de otra manera, ambas partes, con renuncia expresa de cualquier fuero especial que pudiera corresponderles, se someten al de los Juzgados y Tribunales de Cartagena, lugar en el que asimismo, se llevará a cabo el procedimiento arbitral al que este apartado se refiere.

## **2.6. FUERZA MAYOR.**

Las Partes acuerdan en definir como casos fortuitos o de fuerza mayor los hechos o acciones que afectando el progreso normal del trabajo a realizar, estén más allá del control razonable de las Partes y que no puedan ser previstos, siempre y cuando tales hechos o acciones no tengan lugar como consecuencia de la negligencia de la Parte que los invoque o de sus empleados. En consecuencia, se considerará como caso fortuito o de fuerza mayor a los que se enumeran a

continuación, siempre y cuando estén comprendidos dentro de la definición antes señalada y en el entendimiento que tal enumeración no tiene carácter taxativo sino simplemente enunciativo: incendio, inundaciones, naufragios, terremotos, desastres, guerras, operaciones militares de cualquier índole, revoluciones, conmociones civiles, huelgas y epidemias.

- Ninguna de las partes será responsable por falta e incumplimiento de los términos del Contrato, si su ejecución y/o cumplimiento ha sido impedido, demorado u obstaculizado por caso fortuito o de fuerza mayor. En estos casos la fecha de terminación de los trabajos a realizar sería prorrogada por el plazo que establezcan las Partes de común acuerdo.

- Cuando ocurra un caso fortuito o de fuerza mayor que afecte el proceso normal de la Obra, la Parte afectada notificará el hecho por escrito a la otra Parte con la máxima brevedad posible. Las Partes realizarán los esfuerzos necesarios que les correspondan para superar la situación.

- Al cesar el evento o circunstancia de fuerza mayor y/o caso fortuito, las Partes consultarán sobre la situación y procederán de común acuerdo a efectuar todos los reajustes que resulten necesarios para la culminación de las actividades contratadas. A este efecto el Contratista presentará una revisión de la ruta crítica de la Obra y/o alternativa de acción que se formalizará de mutuo acuerdo según el procedimiento de Cambio de Orden.

- Si por circunstancia de fuerza mayor y/o caso fortuito una o ambas Partes resultasen impedidas durante un período mayor a cuatro meses, de cumplir las obligaciones estipuladas en el Contrato, las Partes se obligarán a consultarse mutuamente respecto a los planes y modalidades para la ejecución futura del Contrato. En caso de que tales consultas no diesen como resultado un acuerdo entre la Partes, cualquiera de ellas podrá, a su juicio, rescindir el Contrato.

## **2.7. CONCURSO Y ADJUDICACIÓN.**

El Contratista acepta, bajo demanda de la Propiedad, las condiciones que se redactan a continuación:

El concursante deberá ajustar su oferta según las condiciones preescritas por el Propietario. En particular, la oferta se ceñirá a los alcances que se fijan en las especificaciones técnicas que adjunte el Propietario. No obstante, si se desea sugerir cualquier cambio o modificación, que el ofertante considere pueda hacer técnica y económicamente más atractiva otra alternativa, ésta podrá ser remitida, en documento separado con respecto a la oferta principal, como variante a

considerar y en la que se deberá indicar clara y detalladamente en qué consisten los cambios o variaciones y las razones que aconsejan al introducirlos.

El concursante, antes de presentar la oferta, deberá mantener imprescindiblemente una entrevista con el director técnico de la Propiedad que ejecuta la obra.

El ofertante deberá aceptar expresamente las Bases del Concurso. Puede acordarse la descalificación del concursante por presentar excepciones a las presentes bases. No obstante, en caso de que el concursante no aceptara, en todo o en parte alguna de las condiciones, o quisiera hacer alguna reserva sobre las mismas, lo deberá hacer constar explícitamente en su oferta bajo el epígrafe “Excepciones a las condiciones de concurso”.

En todo momento anterior a la fecha límite para la presentación de la oferta, el Propietario puede modificar los documentos de la Petición de Oferta, ya sea por propia iniciativa o a consecuencia de una petición de aclaraciones.

Las ofertas no llevarán añadidos, enmiendas, raspaduras, etc. Las personas que firmen las ofertas serán, en cada caso, las siguientes:

-Si el ofertante es una única sociedad, lo harán la o las personas debidamente apoderadas por la empresa con documento notarial.

-Si el ofertante es una asociación, unión o grupo de empresas, lo harán los respectivos representantes de cada una de ellas, pudiendo ser éstos uno o varios en cada caso. Todos ellos se encontrarán así mismo debidamente apoderados notarialmente por sus empresas.

La oferta, firmada por las personas apoderadas, compromete legalmente a todos y cada uno de los miembros del grupo, con responsabilidad conjunta y solidaria.

El ofertante soportará todos los gastos, cualquiera que sea su motivo o causa, derivados de la preparación, elaboración o presentación de su oferta, no pudiendo en ningún caso, y sea cual fuere el resultado final del concurso, repercutírselos total o parcialmente al Propietario.

El Propietario dispondrá del plazo de vigencia de las ofertas para proceder a su enjuiciamiento y calificación. Durante este plazo se podrá requerir la presencia de técnicos cualificados y con representación suficiente de los concursantes que se estimen preciso, al objeto de recabar la información que se considere necesaria.

Para enjuiciar las ofertas se tendrán en cuenta, entre otros, los siguientes criterios:

- Plazos y garantía de su cumplimiento.
- Calidad técnica de las ofertas.
- Idoneidad de los Organigramas de obra y especialmente de las personas que ocuparán los puestos más relevantes.
- Adecuación y contenido del Plan de Calidad.
- Precios.
- Currículum de los trabajadores.

El Propietario se reserva el derecho de rechazar las ofertas que estime que no son convenientes a sus intereses. Igualmente se reserva el derecho a admitir cualquier oferta que le convenga, aunque contuviese defectos de forma.

El Propietario se reserva el derecho de no adjudicar alguna o algunas de las partidas ofertadas por el concursante sin que por dicha causa éste, caso de resultar Adjudicatario, pueda formular reclamación alguna.

La admisión o no admisión de las ofertas, la adjudicación a determinado Contratista o la decisión de considerar desierta la adjudicación, es libre por parte del Propietario, sin que el mismo tenga que fundamentar esos actos y sin que contra ello quepa recurso o acción alguna por parte de los ofertantes.

Al concursante seleccionado se le comunicará por escrito la adjudicación, pasando a formalizarse el correspondiente contrato en un plazo máximo de 30 días a partir de la fecha de adjudicación.

La validez de la oferta será de tres meses a partir de la fecha de admisión de este documento.

En resumen, los documentos que deberá presentar el ofertante serán los siguientes:

- Copia autorizada, o testimonio notarial, del Poder del Firmante de la Oferta o fotocopia del mismo.
- Declaración expresa del ofertante de la aceptación plena del presente Pliego de Condiciones y restantes documentos de la petición de oferta.
- Plazo de validez de la oferta.

- Programación de todos los trabajos a realizar.
- Plan de Calidad de ejecución.
- Organigrama de la Obra y Currículum del personal de obra.
- Relación de proveedores que tenga previsto el ofertante para la ejecución de los trabajos y suministro de materiales y equipos.
- Documentación que acredite encontrarse al corriente de las obligaciones tributarias según la legislación vigente.
- Certificado de la Seguridad Social donde se indique estar al corriente de pago y no tener ningún descubierto en dicho organismo.
- Lista de referencia de los trabajos análogos realizados en los últimos 3 años.
- Excepciones a las condiciones del concurso.
- Cualquier alternativa técnica y/o económica que se desee realizar. La valoración de estas alternativas deberán incluirse en la oferta económica en documento aparte.
- Nombre, teléfono y fax de contacto de la persona a quien dirigirse en caso de ser necesarias consultas o aclaraciones relacionadas con la oferta.
- Ejemplar firmado de las Especificaciones Técnicas.

### **2.7.1. Plazo de entrega y ejecución.**

El Contratista dará inicio a la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad o, en su defecto, a los 15 días de la adjudicación definitiva o firma del contrato.

El Contratista estará obligado a notificar por escrito al Director Técnico de la Propiedad responsable del trabajo la fecha de inicio de los trabajos.

Para la ejecución, entrega y puesta en marcha de la instalación se establecerá un período de tres meses a partir de firma del contrato, incluyendo domingos y festivos.

Los casos de fuerza mayor debidos a los cuales el tiempo previsto para la finalización de la instalación pudiera alterarse, se darán por escrito y con justificación oficial a la Propiedad.

## **3. CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **3.1. LIQUIDACIONES.**

Acabada la obra se procederá a la liquidación final, que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

La liquidación de la instalación ya terminada, será presentada por el Contratista para la comprobación por parte de la Dirección de Obra en el plazo de 2 semanas, contando desde la fecha de recepción.

Junto con la liquidación se enviarán cuantos documentos sean necesarios para la comprobación de las mismas.

De las facturas y solicitudes de pago a cuenta de la obra ejecutada se entregará un ejemplar por parte del Contratista a la Dirección de Obra.

### **3.2. LIQUIDACIONES EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

Siempre que se rescinde el contrato por causas anteriormente citadas, o bien mediante mutuo acuerdo, se abonarán al Contratista las partes de obra ejecutadas así como los materiales utilizados en obra.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícita la retención de la fianza, para obtener los posibles gastos de conservación, el período de garantía y los derivados del mantenimiento, hasta la fecha de la nueva adjudicación.

### **3.3. PRECIOS Y CONDICIONES DE PAGO.**

Los suministros, trabajos y servicios del presente proyecto serán facturados a los precios estipulados en la sección de Presupuestos. Las tarifas allí establecidas incluyen estudios, desarrollo, instalación y puesta en marcha de todos los servicios ofertados.

La forma de pago será la siguiente:

- 20% al realizarse el Pedido
- 20% al suministro de los equipos
- 60% con certificaciones mensuales

El pago podría ser modificado por mutuo acuerdo entre ambas partes, apareciendo expresamente escrito en el Contrato de compra-venta.

Los pagos se efectuarán mediante Transferencia Bancaria con vencimiento a 60 días fecha de factura.

### **3.3.1. Certificaciones.**

Las certificaciones se presentarán mensualmente a la Dirección de Obra en el número de copias que se requiera.

Se certificarán por separado los trabajos incluidos en el Contrato y los trabajos Suplementarios de acuerdo con las siguientes normas:

- Certificaciones de los trabajos del Contrato.

Las certificaciones se realizarán utilizando como guía la Medición Valorada y el Avance Físico reflejando cada mes las unidades de obra acumuladas.

Las deducciones o aumentos en las unidades de obra que resultante de la Revisión de los Documentos Técnico, sobre las indicadas, se abonarán a los precios contractuales.

Las certificaciones se realizarán siempre a origen deduciendo la certificación del mes anterior y las retenciones contractuales.

- Certificaciones de trabajos suplementarios.

Se certificarán por Orden de Trabajo de una manera acumulativa.

En el caso de trabajos realizados en régimen de Administración, deberán adjuntarse a la misma, por Orden de Trabajo:

- Mano de Obra: Copia de los partes de trabajo diario aprobados, indicando el nombre y la categoría del personal que haya ejecutado el trabajo.
- Materiales: Ídem Mano de Obra, adjuntando además las facturas correspondientes en caso de no figurar sus precios en el Presupuesto.

Las certificaciones se entregarán a la Dirección de Obra como máximo el día cinco de cada mes.

## **3.4. PLAZOS Y PENALIDADES.**

### **3.4.1. Programación de los trabajos.**

Antes de comenzar los trabajos, el Contratista estará obligado a presentar un programa detallado de su ejecución, en el cual se deberá incluir perceptivamente lo siguiente:

- Ordenación en partes o clases de trabajos que componen el proyecto, indicando las unidades a realizar.

- Descripción de los medios necesarios, tanto de personal y materiales, como instalaciones y equipos, con expresión de sus rendimientos medios.
- Estimación de los plazos de ejecución de los distintos trabajos, instalaciones y operaciones preparatorias, transporte y puesta en servicio de los equipos y de la ejecución de las diversas partes de los trabajos contratados.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada, por partes o clases de obra y en conjunto, a precios unitarios.
- Gráficos, diagramas y organigramas de las diversas actividades o trabajos.
- Diagrama de barras del conjunto de la obra contratada y sus partes esenciales.

Este programa sólo podrá ser variado por el Contratista con objeto de acortar plazos de ejecución y previa aprobación de la Dirección de Obra.

Si de ello se derivan gastos suplementarios para la Propiedad será preceptiva la aprobación previa de ésta y que la modificación del programa no tenga como objeto recuperar el tiempo perdido por el Contratista.

#### **3.4.2. Plazo de ejecución.**

El Contratista ejecutará las obras de acuerdo con el programa de trabajo. Sin perjuicio de lo estipulado en las Especificaciones sobre la terminación prioritaria parcial de los trabajos, éstos se concluirán, totalmente dentro de los plazos establecidos en el Contrato, teniendo en cuenta eventualmente las prórrogas en virtud del punto siguiente.

#### **3.4.3. Prórroga del plazo de ejecución.**

Si la cantidad de trabajo extra o adicional de cualquier clase, o las circunstancias especiales de cualquier naturaleza que se produzcan pueden ser tales que hiciesen justo conceder al Contratista una prórroga en el plazo para la terminación de los trabajos, la Dirección de Obra deberá determinar la extensión de dicha prórroga del plazo, con objeto de que su solicitud pueda ser estudiada.

### **3.5. PROGRESO DE LOS TRABAJOS.**

La totalidad de los materiales, equipos y mano de obra que el Contratista tenga que aportar en virtud del Contrato, así como la forma, manera y rapidez de ejecución o mantenimiento de los trabajos, han de ser de calidad y han de llevarse a cabo de tal forma que satisfagan a la Dirección de Obra. Si al parecer de la Dirección de obra, el ritmo de los trabajos o de alguna de las partes, es demasiado lento para asegurar su terminación, se lo comunicará al Contratista, el cual

inmediatamente, deberá adoptar las medidas que considere necesarias y que la Dirección de Obra apruebe para acelerar la ejecución de los trabajos, con el objeto de terminarlos dentro del plazo fijado.

Si el cumplimiento de los plazos parciales, cuando sea por causas imputables al Contratista, hiciera prever racionalmente un retraso en la recepción final de los trabajos, el Propietario puede adoptar indistintamente por la resolución del Contrato o por la imposición de las penalidades según Contrato. De igual manera se procederá si el plazo final ha quedado incumplido.

### **3.6. ATRASOS DEL CONTRATISTA.**

El Contratista trabajará en horas extras y festivas, sin cargo alguno a la Propiedad, hasta recuperar los retrasos ocasionados en la Obra y obtendrá a su costa los permisos necesarios para trabajar en horas extraordinarias, nocturnas o festivas, en cuyo caso dispondrá de todas las instalaciones complementarias que sean necesarias en especial, iluminación adecuada y medidas de seguridad.

En caso de que se produzca cualquier retraso del Propietario se concederá una prórroga de la fecha de terminación programada que cubra la duración de dicho retraso, y el Contratista, pero se acuerda que no se hará ningún pago al Contratista a causa de tal retraso, y el Contratista acepta no presentar, y desde este momento renuncia a ello, reclamación por daños causados por tal retraso.

El Contratista informará por escrito al Director de Obra de las causas que puedan suponer retrasos en la finalización de los trabajos.

El mal tiempo no podrá ser alegado como justificación de los retrasos en la realización de los trabajos, salvo en los pocos casos en que la Propiedad acepte la declaración de Fuerza Mayor.

### **3.7. PENALIDADES POR RETRASO.**

Si el Contratista no termina los trabajos dentro del plazo estipulado, con inclusión de prórrogas eventuales, el Contratista pagará al Propietario por ello el importe o importes establecidos en el Contrato como penalización, por cada día o fracción de día que transcurra por exceso, hasta la fecha en que quede terminada cada parte de los trabajos, según se describe en los documentos del Contrato. Estas penalidades no pueden exceder del 20% del presupuesto total de la obra, por lo que una vez alcanzado este límite máximo, el Propietario podrá resolver el Contrato, con aplicación de las indemnizaciones que procedan a su favor. La obligación del Contratista de indemnizar al Propietario por retraso subsistirá, aún en el caso de que, por causas ajenas al objeto del Contrato, se retrase la puesta en

servicio de la instalación construida por el Contratista. El Propietario podrá, sin perjuicio de cualquier otro medio de reembolso, deducir la cantidad correspondiente de las que estando en su poder sean, o vayan a ser, debidas al Contratista. El pago o la deducción de tales indemnizaciones no revelarán al Contratista de su obligación de terminar las obras ni de cualquiera de sus demás obligaciones y responsabilidades que emanen del Contrato.

Si el Propietario pudiese poner o hubiera puesto en servicio la instalación para el fin previsto, aunque no se hubiesen terminado la totalidad de los trabajos contratados, la indemnización por retraso será decidida para el período de retraso transcurrido después de la puesta en servicio en la proporción correspondiente al valor de las instalaciones puestas en servicio.

### **3.8. FIANZA Y PLAZO DE GARANTÍA.**

En el contrato se establecerá la fianza, que el Contratista tendrá que depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra. De no estipularse la fianza en el contrato, se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta.

En el caso de que el Contratista se negara a hacer por su cuenta, los trabajos para ultimar la obra en las condiciones establecidas en la garantía, la propiedad podrá ordenar el ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con recargo a la retención o fianza.

La fianza retenida, se abonará al Contratista en un plazo no superior a 30 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

### **3.9. CLAUSULAS FINANCIERAS.**

El técnico se hará cargo de todos los gastos de embalaje y transporte de los materiales necesarios para llevar a buen término el proyecto hasta el lugar donde se encuentra localizada la instalación. Si los materiales transportados sufrieran desperfectos será el Contratista el responsable.

Durante el período de garantía, la totalidad de los gastos originados por reparaciones habrá de atenderlos el Contratista, inclusive los gastos originados por transporte.

Las tarifas acordadas comprenderán salarios, beneficios, cargas sociales, dietas, seguros y amortización del utillaje personal en jornadas de trabajo de 8 horas diarias de lunes a viernes. A partir de las 8 horas diarias de lunes a viernes, el aumento será del 40% sobre la tarifa base. Si las jornadas de trabajo se extienden

a las noches (de 22 a 6 horas), sábados, domingos y festivos el aumento será del 75%.

#### **4. CONDICIONES FACULTATIVAS**

Las condiciones facultativas señalan las medidas previas para asegurar una buena ejecución de toda la obra, por lo que se preverá además la forma de resolver posibles incidencias.

##### **4.1. MANO DE OBRA.**

La mano de obra a emplear por el Contratista será siempre de la más alta calificación requerida para cada oficio. En determinadas especialidades, el Propietario podrá exigir al Contratista titulaciones adecuadas o experiencia documental probada en estas calificaciones profesionales.

Estas Condiciones Facultativas deben ser conocidas por todos los responsables del Contratista. Con este fin el Propietario proporcionará al Jefe de Obra del Contratista hasta cuatro copias de los planos sin cargo. Si son necesarias más copias serán facturadas al coste.

El Contratista deberá mantener en planta personal con experiencia en trabajos en ambiente explosivo. El Propietario suministrará planos e instrucciones de “Clasificación de Áreas Peligrosas” debiendo él mismo seleccionar el material a emplear en estas zonas de acuerdo con las normas sobre el particular y planos que se faciliten.

##### **4.2. MATERIALES.**

Todos los materiales utilizados serán de primera calidad, cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normativas técnicas generales.

En el caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Director Técnico de la Obra, que será el que decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente sin autorización expresa.

##### **4.2.1. Acopio de materiales.**

De acuerdo con el plan de obra, el Contratista irá almacenando en lugar establecido de antemano, todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según sus necesidades.

Los materiales de fábrica vendrán convenientemente embalados, al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte a obra, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente en el embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

El Contratista será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje y, también, una vez instalados en el lugar de emplazamiento definitivo, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.

La Dirección de Obra tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y/o estado, siempre que la calidad no cumpla los requisitos marcados en este Pliego de Condiciones y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún material ofrezca dudas respecto de su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección de Obra tendrá derecho a recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, con el fin de realizar los ensayos pertinentes, con gastos a cargo del Contratista.

Si el certificado obtenido fuera negativo, todo el material se declarará no idóneo y será sustituido, a expensas del Contratista, por material de la calidad exigida. Igualmente, la Dirección de Obra podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos de la instalación, siendo por cuenta del Contratista todos los gastos que se ocasionen.

#### **4.2.2. Inspección y medidas previas al montaje.**

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Contratista deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

En caso de discrepancias entre las mediciones realizadas en obra y las que aparecen en Planos u otros documentos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el

Contratista deberá notificar las anomalías a la Dirección de Obra para realizar las oportunas rectificaciones.

#### **4.2.3. Variaciones y cambio de materiales.**

La Empresa Instaladora podrá proponer cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados siempre que está debidamente justificada, y busque la mejora de la instalación proyectada.

La aprobación de tales variantes queda a criterio de la Dirección de Obra, que las aprobará solamente si redundan en un beneficio económico de inversión y/o explotación para la Propiedad, sin merma para la calidad de la instalación.

La dirección de Obra evaluará para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la reconsideración de la totalidad o parte de los y, eventualmente, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridas por cualquiera de las otras instalaciones.

Variaciones sobre el proyecto pedidas, por cualquier causa, por la Dirección de Obra durante el curso del montaje, que impliquen cambios de cantidades o calidades e, incluso, el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por la Empresa Instaladora, después de haber pasado una oferta adicional, basada sobre los precios unitarios de la oferta principal y, en su caso, sobre nuevos precios a negociar.

#### **4.2.4. Protección.**

La Empresa Instaladora deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedad dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, que deberán quedar debidamente protegidos.

La Empresa Instaladora será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la Obra.

#### **4.2.5. Certificaciones de materiales.**

Todos los materiales que lleguen a la obra deberán estar debidamente certificados por un Organismo Oficial del país de origen o por el mismo fabricante (autocertificación mediante Declaración de conformidad del Fabricante), de acuerdo a las directivas de la CEE.

La certificación deberá garantizar el cumplimiento de las normas, de la CE o del País de origen, sobre seguridad mecánica y eléctrica, seguridad en caso de incendio, higiene, salud y medio ambiente, protección contra el ruido, aptitud para la función y ahorro energético.

Los materiales procedentes de países terceros deberán cumplir con la normativa que, al respeto, emane de la CEE.

#### **4.2.6. Comprobación de materiales.**

Cuando el material llegue a obra con certificado de homologación que acredite el cumplimiento de la normativa vigente, nacional o extranjera, o, en su defecto, con certificado de origen industrial emitido por el propio fabricante, su recepción se efectuará comprobando únicamente, sus características aparentes, dimensionales y funcionales y verificando que está completo con todos los accesorios.

Cuando el material esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación técnica.

#### **4.3. HERRAMIENTAS.**

La empresa Instaladora poseerá, para situar en obra según necesidades, todas las herramientas y utillajes necesarios para el montaje y pruebas requeridas, así como todo el material fungible para desarrollar el trabajo.

#### **4.4. PLANOS.**

En general, y sin que esto constituya norma, la Propiedad suministrará al Contratista todos los planos que éste necesite para la ejecución de la obra.

Las modificaciones de campo que se realicen deberán ser reflejadas en los planos y serán entregados a la Propiedad al final de la obra.

Los planos del proyecto en ningún caso deben considerarse con carácter ejecutivo, sino solamente indicativos de la disposición general de los sistemas eléctricos, de control, y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de los aparatos, equipos y conducciones, la Empresa Instaladora deberá examinar atentamente los planos y detalles del proyecto.

En caso de no disponer de planos de implantación para un determinado servicio incluido dentro del alcance de suministro, la Empresa Instaladora realizará el desarrollo de los mismos de acuerdo a la información contenida en otros documentos del proyecto, sometiendo los mismos a la aprobación de la Dirección de Obra.

La empresa Instaladora deberá someter a la Dirección de Obra, para su comprobación, dibujos detallados, a escala adecuada, de equipos, aparatos, etc. que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para la correcta evaluación.

Los planos de detalle pueden ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del aparato, siempre que la información sea suficientemente clara.

Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la Dirección de Obra.

A petición de la Dirección de Obra, la Empresa Instaladora deberá entregar una muestra del material que pretende instalar antes de obtener la correspondiente aprobación.

La empresa Instaladora deberá someter los planos de detalles, catálogos y muestras a la aprobación de la Dirección de Obra con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o el de los contratistas.

La aprobación por parte de la Dirección de Obra de planos, catálogos y muestras no exime a la Empresa Instaladora de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

#### **4.5. NORMATIVA.**

El diseño de la instalación estará de acuerdo con las siguientes exigencias y recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes reglamentos:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias RD 327/82 de 12/11 BOE Nº288 de 1/12/82 OM de 67/84 BOE de 1/8/84.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, Decreto 2413/1973 de 20/9, BOE nº 242 de 9/10/73 y R.D. 2295/85 de 9/10 BOE nº 242
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Normas UNE que sean de aplicación
- Normas CEI que sean de aplicación
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación
- Normas UNE aplicables del Instituto Nacional de Racionalización en el Trabajo.
- Normas particulares del Grupo IBERDROLA DISTRIBUCIÓN.

Aparte de Normativa de carácter obligatorio antes mencionadas, se utilizarán otras Normas, como las Normas UNE de AENOR, ISO, DIN, etc.

En ocasiones, a falta de Normativa española, podrán utilizarse Normas de organismos internacionales o extranjeras, como IEC, etc.

Se entiende que se considerará la edición más reciente de las Normas o Reglamentos y especificaciones, antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas, aunque en este documento no queden referenciadas.

#### **4.6. SEGURIDAD E HIGIENE.**

Todo el personal empleado por la Empresa Instaladora en la realización de la obra, propios o subcontratados, deberá, estar al corriente del pago de las cuotas de la Seguridad Social.

Además, la Empresa Instaladora estará obligada al cumplimiento de las leyes en materia de Seguridad e Higiene en el trabajo, Contrato de Trabajo o cualquier otra clase de normativa legal que, sobre la materia, se promulguen en lo sucesivo.

Para el visado en el Colegio Profesional y la obtención de la Licencia Municipal y demás autorizaciones y trámites por parte de las distintas Administraciones Públicas es necesario incluir como anexo al Proyecto de Ejecución de obra el Estudio de Seguridad e Higiene, de acuerdo al Real Decreto 555/1986 de 21 de Febrero (BOE número 60 de 21 de Marzo de 1986).

La redacción de este Estudio correrá a cargo de la Empresa Instaladora, y cuando esté incluido en el Proyecto la Empresa Instaladora deberá ajustarlo a las necesidades reales de la obra.

#### **4.7. SUBCONTRATISTAS.**

La empresa Instaladora podrá subcontratar, previa autorización de la Dirección de Obra, parte de los trabajos que forman parte de la obra.

La Empresa Instaladora será responsable de la actuación de los Subcontratistas, sean ellos personas físicas o jurídicas. Los subcontratistas podrán ser recusados por la Dirección de Obra, a su juicio, no parezcan idóneos para ejecutar la parte de la obra para la cual fueron contratados.

#### **4.8. RIESGOS.**

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y regla del arte, a riesgo y ventura de la Empresa Instaladora, sin que ésta tenga, por tanto, derecho a indemnización alguna por causa de pérdidas, perjuicios o averías. A estos efectos, la Empresa Instaladora no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

La empresa Instaladora será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofe atmosférica, etc., debiendo cubrirse tales riesgos mediante seguro,

Asimismo, la Empresa Instaladora deberá disponer de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

#### **4.9. REALIZACIÓN Y CONTROL DEL DISEÑO.**

En este apartado se describe la metodología a seguir por el Contratista para la realización, revisión y control del diseño con el fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos especificados por el Cliente.

##### **4.9.1. Realización.**

Las principales actividades que se deberán seguir para el desarrollo y control del diseño se realizarán en las siguientes etapas:

- Definición de los requisitos de partida.

- Asignación de las Responsabilidades.
- Elaboración de las propuestas de especificación del diseño.
- Ingeniería básica.
- Ingeniería de detalle.
- Revisión del diseño.
- Dossier final.

#### **4.9.2. Definición de los requisitos de partida.**

Los requisitos de partida de la instalación los establecerá el Cliente en su solicitud de oferta. Ya establecidos en el documento Memoria anteriormente.

#### **4.9.3. Asignación de las responsabilidades.**

Una vez revisados los requisitos del Cliente, se definirá un equipo de proyecto formado por un número de técnicos cualificados en función de las características y magnitud del proyecto. Posteriormente se definirán sus funciones y responsabilidades.

#### **4.9.4. Especificaciones del diseño.**

Se procederá a hacer un análisis de los requisitos y se realizarán las propuestas de especificación, teniendo en cuenta:

- Reglas de diseño de la Empresa Instaladora.
- Requisitos del Cliente.
- Normativas.

Las especificaciones del Cliente, básicamente contendrán:

- Las características Intrínsecas de los materiales/componentes.
- Las características constructivas de la instalación.
- Las características funcionales de los productos-instalaciones.

Si es conveniente, se contactará previamente con algunos suministradores para solicitar información de las características de los materiales a adquirir.

#### **4.9.5. Ingeniería básica.**

Se procederá a la realización de la ingeniería básica definiendo los criterios base del diseño y la necesidad de elaborar todos los documentos.

#### **4.9.6. Ingeniería del detalle.**

Tras la elaboración de la ingeniería básica, se realizará la ingeniería de detalle. Para poder ejecutar el proyecto se elaborarán los documentos (planos, listas de componentes y materiales con referencia a los códigos indicados en los planos, esquemas, etc.) que se requieran para definir el mismo con el grado de detalles necesario.

#### **4.9.7. Revisión del diseño.**

Se deberá realizar una revisión del diseño en las fases de ingeniería básica y de detalle o en tantas ocasiones como se considere necesario. Dichas revisiones se llevarán a cabo antes del envío de la documentación al Cliente para su aprobación.

La revisión de la etapa de ingeniería básica consistirá principalmente en comprobar si se cumplen los requisitos de partida del Cliente, la normativa aplicable y si se han elaborado todos los documentos necesarios, si son completos y están revisados y aprobados.

La revisión en la etapa de ingeniería de detalle consiste principalmente en comprobar que cumplen los requisitos de la ingeniería básica, ya aprobada por el Cliente, y que se han elaborado y aprobado todos los documentos complementarios.

Después de la revisión de la ingeniería de detalle, los documentos se enviarán al Propietario para aprobación de éstos.

#### **4.9.8. Dossier final.**

Tras las fases anteriores de desarrollo y corrección del diseño o tras la puesta en marcha del sistema, se emitirá la documentación final.

Dicha documentación contendrá básicamente lo siguiente:

- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle (planos “as built”).
- Catálogos, que en general contendrán:
  - Manuales de instrucciones de los equipos instalados.
  - Catálogos de elementos utilizados.

- Resultado de los programas de puntos de inspección
- Lista de materiales/componentes
- Certificados de los materiales.
- Etc.

El dossier final del proyecto se remitirá al Cliente.

#### **4.10. INSPECCIONES DURANTE LA INSTALACIÓN.**

Este apartado define el método que se deberá establecer para la realización de las inspecciones durante la instalación

Los ensayos o inspecciones realizadas durante la instalación son una herramienta para asegurar que los defectos en los componentes durante el montaje son detectados de la forma más rápida, evitando que se manifiesten en el producto terminado.

El responsable del proyecto designará la/las personas que deberán realizar y verificar las inspecciones mediante el programa de puntos de inspección.

El programa de puntos de inspección deberá ser aprobado por el Cliente antes de ejecutarlos.

##### **4.10.1. Autocontrol.**

Durante el transcurso de las operaciones de fabricación/instalación se realizarán las comprobaciones de carácter general como:

- Verificaciones visuales.
- Verificaciones de las conexiones realizadas.
- Verificaciones de continuidad.
- Verificaciones de secuencias de montajes.
- Etc.

En general, no quedarán registradas estas operaciones. Si cualquier persona durante estas verificaciones detectase alguna anomalía se lo comunicará a su inmediato superior para que éste aplique las medidas oportunas.

##### **4.10.2. Inspecciones programadas.**

Las inspecciones programadas y aprobadas por la Dirección de Obra quedarán reflejadas en los programas de puntos de inspección.

Estas inspecciones programadas serán realizadas por las personas designadas en su momento.

Tras las inspecciones realizadas se identificarán como “conformes” o “no conformes” según aplique. En el caso de que las inspecciones realizadas evidencien anomalías se identificará la no conformidad y se informará al cliente si la importancia de las mismas lo considera necesario. De cualquier modo, la anomalía detectada deberá ser corregida lo antes posible.

#### **4.11. INSPECCIÓN FINAL.**

Se realizará una inspección final del proyecto con el fin de comprobar que cumple los requisitos especificados.

La realización de ensayos sobre el producto terminado tiene por finalidad:

- Comprobar que satisfacen los requisitos especificados.
- Detectar los defectos para identificar las causas y eliminarlas mediante acciones correctoras.

El proyecto acabado será sometido a inspección final del proceso de instalación propiamente dicho, antes de se entrega al cliente.

Estas inspecciones suelen ser las pruebas funcionales que se realizan para determinar si cumplen con los requisitos solicitados por el Propietario.

Si se ha establecido contractualmente, se acordará con el Propietario la forma de llevar a cabo estas inspecciones.

Todas las pruebas funcionales deberán ser aprobadas con anterioridad por la Dirección de Obra.

Antes de realizar la inspección final se realizará una inspección previa. Posteriormente, se realizará la inspección final conforme a un programa en presencia de la Propiedad.

En el caso de que el resultado de las inspecciones sea incorrecto y el Propietario no acepte el trabajo, se identificará como “No conforme”, determinando las acciones correctoras a tomar para subsanar el problema.

#### **4.12. RECEPCIÓN DE SUMINISTROS.**

Este apartado tiene por objeto describir el método para llevar a cabo la inspección de recepción de los materiales y componentes comprados, con el fin de asegurar que cumplen con los requisitos de compra y evitar el uso de los defectuosos.

Cada producto comprado deberá pasar la inspección de recepción antes de su almacenamiento o instalación.

Las inspecciones se realizarán conforme a los programas de puntos de inspección aprobados por la Propiedad.

#### **4.12.1. Realización.**

A la recepción de todos los materiales, componentes o equipos se les realizará una inspección cuantitativa.

A la llegada de un material, la persona encargada de su recepción, cotejará el albarán de entrega del proveedor, la copia del pedido y el material recibido, para verificar que:

- La identidad del material es correcta (marca, modelo, etc.).
- La cantidad suministrada y el plazo de entrega son correctos.
- Los embalajes y el contenido no han sido dañados durante el transporte.
- Está acompañado de los documentos solicitados (certificados, instrucciones de uso, etc.)

Completado el proceso de verificación anterior, se procederá a realizar las inspecciones a los materiales, componentes o equipos que lo requieran.

En los casos en que los materiales, debido a su especial índole, no puedan ser ensayados y estén acompañados de un Certificado de Calidad, se verificará que los resultados y datos completados en dicho certificado cumplen los requisitos establecidos.

En el caso de encontrar alguna anomalía en todo lo anteriormente citado, se procederá a corregirla.

### **4.13. RECEPCIÓN DEL SISTEMA.**

#### **4.13.1. Recepción provisional.**

Una vez realizadas las pruebas finales en presencia de la Dirección de Obra con resultados satisfactorios, se procederá a la redacción del Acta de Recepción

Provisional de la Instalación, con lo que se dará por finalizado el montaje de la misma.

Antes de que empiece a transcurrir el período de garantía, la Empresa Instaladora deberá entregar a la Dirección de Obra la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día por la Empresa Instaladora, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de planta donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones y situación de las unidades terminales.
- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados por el desarrollo, así como la justificación del cumplimiento de la normativa en vigor.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- El Manual de instrucciones de funcionamiento.
- El certificado de la Instalación presentado ante la Consejería de Industria de la Comunidad Autónoma.
- El libro de Mantenimiento, incluyendo listas de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.
- Documentación de equipos, documentos de origen, documentos de garantía, contratos de mantenimiento, etc.
- Relación exhaustiva de todos y cada uno de los materiales con códigos de identificación individuales que requieran mantenimiento preventivo o correctivo.
- Procedimiento parametrizado de mantenimiento de los materiales citados anteriormente.
- Programa general de mantenimiento informatizado.

Todos los conceptos y documentos indicados en los puntos anteriores serán facilitados igualmente en soporte informático, de acuerdo con los requerimientos específicos de la Dirección de Obra.

#### **4.13.2. Recepción definitiva y garantía.**

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el Contrato no se estipula otro período, la Recepción Provisional se transformará en recepción Definitiva, salvo que por parte de la Propiedad haya sido cursado aviso en contra de finalizar el período de garantía.

Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, éstos deberán ser subsanados a la mayor brevedad posible por la

Empresa Instaladora, sin que ésta tenga derecho a reclamar ninguna compensación económica a la Propiedad, a menos que demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o por un uso incorrecto de los equipos.

## **5. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **5.1. OBJETO.**

El objeto de este capítulo es detallar las características que se exigen a los elementos utilizados para realizar la instalación de la Subestación transformadora.

### **5.2. ENSAYOS Y PRUEBAS.**

El objeto de los ensayos de recepción es el de comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de los elementos y globalmente, a lo especificado en este Pliego de condiciones.

Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva el que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.

También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido equilibrada, puesta a punto, limpiada e, incluso, convenientemente rotulada por parte de la Empresa Instaladora.

La Empresa Instaladora deberá suministrar todo el equipo necesario para efectuar las pruebas, que se realizarán en presencia de un representante de la dirección de Obra.

Todas las modificaciones, reparaciones y sustituciones necesarias para que las pruebas resulten satisfactorias, a criterio de la Dirección de Obra, serán por cuenta de la Empresa Instaladora.

Las pruebas de la instalación serán, entre otras, las que seguidamente se detallan.

### Electricidad

- Comprobación de que todos los equipos, accesorios, etc. Instalados llevan toda la tornillería necesaria y de que la orientación y localización de los mismos permiten una fácil inspección.
- Comprobación de la estanqueidad al agua de los elementos instalados a la intemperie.
- Verificación y comprobación de la correcta soportación y sujeción de tubos, conducciones, así como sus accesorios.
- Verificación de todas las líneas eléctricas en cuanto aislamiento, conexionado, polaridad, etc.

La Propiedad será informada, con anterioridad, de las pruebas que se vayan a realizar, para su conocimiento y correspondiente autorización.

### Interruptores

- Ensayo de resistencia. Mil maniobras de enganche y desenganche a la cadencia convenida.
- Ensayo de rigidez dieléctrica en seco y bajo lluvia, entre piezas de baja tensión y tierra a 50 Hz.
- Ensayo de choque.
- Medida de la velocidad de apertura de los contactos.
- Ensayo de rigidez dieléctrica entre piezas de baja tensión y tierra a 50 Hz.
- Ensayo de choque.

### Seccionadores

- Ensayo de calentamiento de contactos.
- Ensayo de rigidez dieléctrica entre piezas de baja tensión y tierra a 50Hz.
- Ensayo de choque.
- Ensayo de calentamiento de contactos.

### Transformadores de potencia

- Ensayo de choque.

- Ensayo de calentamiento de contactos.
- Medida de la resistencia de los bobinados.
- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión.
- Medida de la tensión de impedancia, impedancia de corto circuito y pérdidas a la carga.
- Medida de pérdidas y de la corriente en vacío.

Pruebas dieléctricas:

- Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial.
- Ensayo de tensión inducida a frecuencia elevada.
- Ensayo de calentamiento.
- Impulsos tipo rayo.

Pruebas dieléctricas:

- Impulsos tipo rayo.
- Prueba PD.
- Prueba de onda truncada.
- Medida de impedancia secuencia cero.
- Prueba de cortocircuito.
- Nivel de ruidos.
- Medición de armónicos.
- Pruebas de equipos auxiliares.
- Prueba de conmutación en carga.
- Comprobación de fugas.

Transformadores de tensión

- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de precisión, con determinación de las curvas de relación de transformación y ángulo de desfases.

- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos.
- Verificación de la polaridad y de la designación de bornes.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre el devanado primario (Prueba aplicada, 75 Hz durante un minuto).
- Medición de descarga parcial.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial en devanados secundarios (Prueba aplicada: 4 kV, 50 Hz durante un minuto).

#### Transformadores de intensidad

- Verificación de la polaridad y de la designación de bornes.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre el devanado primario.
- Medición de descarga parcial.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre los devanados secundarios.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial entre secciones de devanado.
- Prueba de sobretensión entre espiras en los devanados secundarios.
- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de precisión, con determinación de las curvas de relación de transformación y ángulo de desfases.
- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos.

#### Aparatos indicadores

- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos.
- Ensayo de precisión.
- Ensayo de amortiguamiento.
- Ensayo de robustez.
- Ensayo de aislamiento.

#### Contadores de energía

- Valor del par motor a carga.

El propietario podrá realizar los ensayos en los talleres de la casa suministradora sobre un aparato escogido como muestra al azar entre los que formen el lote, de acuerdo con las normas establecidas:

- a) Si el resultado es satisfactorio, el material se expedirá a su lugar de destino.
- b) Si el resultado en uno de los aparatos no fuese satisfactorio, la casa suministradora efectuará por su cuenta el ensayo de todos los aparatos que formen el lote correspondiente.

Todos los transformadores, tanto los de potencia como los de medida y protección, llevarán colocada su placa de características en un lugar visible y seguro.

En las placas figurarán el nombre del fabricante, modelo y número de serie, así como grupos de conexión, tensiones nominales, tensiones de aislamiento, frecuencia nominal, potencias de precisión, número de arrollamientos secundarios y cuantos datos sean necesarios y de interés.

En los interruptores automáticos se indicarán claramente las posiciones de "abierto" y "cerrado" mediante rótulos en el mecanismo de maniobra.

Cuando los seccionadores estén equipados con cuchillas de puesta a tierra, deberán estar dotados de un enclavamiento seguro entre las cuchillas principales y las de tierra.

El nivel de aislamiento de los materiales corresponderá con los valores que figuran en el reglamento para las tensiones nominales de 132 y 20 kV.

Los ensayos de tensión soportada por las instalaciones o por los distintos aparatos que la componen, estarán destinados a la comprobación de sus niveles de aislamiento.

Para los grandes transformadores de potencia y con el fin de evitar el deterioro de éstos por proyección de aceite o cascotes al averiarse otro próximo, se instalarán pantallas protectoras de hormigón entre éstos, con las dimensiones y resistencia mecánica apropiadas.

Los transformadores de potencia deben tener las ruedas bloqueadas durante su funcionamiento.

Todos los cables de fuerza, control y señalización instalados exteriormente al transformador, deberán resistir a la degradación de los líquidos aislantes y agentes meteorológicos y no propagar la llama.

Idéntico comportamiento se observará para los conductores de la instalación subterránea.

Deberán ponerse a tierra todas las partes metálicas de los transformadores de medida que no se encuentren sometidas a tensión, a fin de evitar posibles contactos.

Los cables de unión de las estructuras a la red de tierra que queden en la superficie, se pintarán de amarillo para su fácil detección. Estos cables atravesarán las cimentaciones para su conexión a la malla.

Las uniones de los cables que forman las mallas de tierra y las conexiones de las distintas líneas de tierra a éstas, se realizarán con soldadura exotérmica.

Después de construida la instalación de tierras, se harán las comprobaciones y verificaciones previstas "in situ" y se efectuarán los cambios necesarios para cumplir las prescripciones generales de seguridad.

Las conducciones y depósitos de almacenamiento de agua, se instalarán suficientemente alejados de los elementos en tensión, de tal forma que su rotura no pueda provocar averías en las instalaciones eléctricas. A tales efectos las canalizaciones principales de agua se dispondrán en un plano inferior respecto de todas las conducciones eléctricas.

El terreno de la instalación deberá ser explanado teniendo en cuenta las disposiciones de drenaje en el caso de utilizar fosas de recogida de aceite, así como para los canales todos los conductores eléctricos.



# **DOCUMENTO 4:**

# **PRESUPUESTO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el presente Documento se detallan los costes tanto de materiales, obra civil y montaje de equipos para la construcción de una Subestación transformadora de 132/20 kV en el término Municipal de Fuente Álamo, en las cercanías de dicha población.

Para la confección del presente documento se han considerado los precios estándar que marca Iberdrola como unidades compatibles de facturación actualizadas a 2014. Estos precios son los que marca Iberdrola a sus proveedores para la compra de materiales puestos en cualquier punto geográfico del ámbito de trabajo de esta empresa eléctrica.

## 2. MATERIALES

### 2.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA (dos).....1.110.000€

- Tipo de servicio.....continuo
- Refrigeración.....ONAN/ONAF
- Potencia nominal.....30/40 MVA
- Tensiones en vacío
- Frecuencia.....50 Hz
- Conexión.....Estrella/triángulo
- Grupo de conexión.....YNd11
- Tensión de cto. Para relación 132/20 kV.....13,5%

### 2.2. Estructuras metálicas.....50.680€

### 2.3. Sistema de 132 kV.....321.250€

#### 4 Interruptores 137.320€

- Tensión de servicio.....145kV
- Frecuencia.....50Hz
- Intensidad nominal de servicio.....3150<sup>a</sup>
- Poder de corte nominal bajo cto.....ijasdkA
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz .....275 kV
- Tensión de ensayo nominal con onda 1,2/50  $\mu$ s.....650 kV
- Duración nominal de la corriente de cortocircuito.....0.5s
- Ciclo nominal maniobra.....O-0.3s-CO-3min-CO
- Tipo de reenganches.....Trifásico

#### 2 Seccionadores con puesta a tierra 22.900€

- Tensión nominal.....145kV
- Frecuencia.....50Hz
- Intensidad nominal de servicio.....3150<sup>a</sup>
- Poder de corte nominal bajo cto.....ijasdkA
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz .....275 kV
- Tensión de ensayo nominal con onda 1,2/50  $\mu$ s.....650 kV

#### 4 Seccionadores 35.970€

- Tensión nominal.....145kV
- Nivel de aislamiento a tierra y entre polos:



- Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto.....275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 $\mu$ s.....650kV
- Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto.....315 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50  $\mu$ s.....750kV
- Intensidad nominal.....1600A
- Intensidad admisible de corta duración (1s) .....40 kA
- Intensidad admisible (valor de cresta).....100 kA

**12 Transformadores de intensidad de clase 0.5 72.090€**

- Tensión nominal.....145kV
- Tensión de servicio nominal.....132kV
- Relación de transformación:
  - Posición de línea.....400-800/5-5 A
  - Posiciones de transformador.....300-600/5-5 A
- Potencias y clases de precisión:
  - Arrollamiento de medida.....30 VA CI 0.5
  - Arrollamientos de protección.....50 VA 5P20
- Tensión de prueba a frecuencia industrial durante un minuto, sobre el arrollamiento primario.....275 kV
- Tensión de prueba a onda de choque tipo 1,2/50  $\mu$ s.....650 kV
- Sobreintensidad admisible en permanencia.....1.2xIn primaria

**6 Transformadores de tensión inductivos 40.220€**

- Frecuencia.....50 Hz
- Tensión de aislamiento nominal.....145kV
- Tensión de servicio nominal.....132kV
- Relación de transformación:
  - Primer arrollamiento..... $132\sqrt{3} / 0.11\sqrt{3}$  kV
  - Segundo arrollamiento..... $132\sqrt{3} / 0.11\sqrt{3}$  kV
- Potencias y clase de precisión (no simultáneas):
  - Primer arrollamiento.....200 VA, CI 0.5 – 3P
  - Segundo arrollamiento.....150 VA, 3P
- Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 min.....275 kV
- Tensión de prueba con onda de choque tipo 1,2/50  $\mu$ s.....650 kV

**6 Pararrayos** **12.750€**

- Tensión nominal..... >110kV
- Intensidad nominal de descarga.....10kA

**2.4. Sistema de 20 kV.....696.270€**

**16 Celdas de línea** **358.200€**

Interruptores:

- Tensión nominal.....24kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz.....50 kV
- Tensión de ensayo onda de choque 1,2/50  $\mu$ s.....125kV
- Intensidades nominales.....630 A
- Poder de corte simétrico.....16kA
- Aislamiento.....en SF<sub>6</sub> o vacío
- Ciclos de reenganche rápido.....O-0.3s-CO-1min-CO

Transformadores de intensidad:

- Intensidades primarias nominales.....200-400 A
- Intensidades secundarias (2 núcleos).....5-5 A
- Potencias y clases de precisión:

Los de la celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**2 Celdas de transformador** **52.800€**

Interruptores:

- Tensión nominal.....24kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz.....50 kV
- Tensión de ensayo onda de choque 1,2/50  $\mu$ s.....125kV
- Intensidades nominales.....1600 A
- Poder de corte simétrico.....20kA
- Aislamiento.....en SF<sub>6</sub> o vacío
- Ciclos de reenganche rápido.....O-0.3s-CO-1min-CO

- Transformadores de intensidad:

- Intensidades primarias nominales.....600-1200 A
- Intensidades secundarias (2 núcleos).....5-5 A
- Potencias y clases de precisión:

Los de la celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**2 Celdas de transformador de servicios auxiliares 24.710€**

Las celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**2 Celdas de batería de condensadores 46.840€**

Interruptores:

- Tensión nominal.....24kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz.....50 kV
- Tensión de ensayo onda de choque 1,2/50  $\mu$ s.....125kV
- Intensidades nominales.....630 A
- Poder de corte simétrico.....16kA
- Aislamiento.....en SF<sub>6</sub> o vacío
- Ciclos de reenganche rápido.....O-0.3s-CO-1min-CO
- Transformadores de intensidad:
  - o Intensidades primarias nominales.....200-400 A
  - o Intensidades secundarias (2 núcleos).....5-5 A
- Potencias y clases de precisión:

Los de la celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**1 Celda de partición de barras 25.070€**

Interruptores:

- Tensión nominal.....24kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz.....50 kV
- Tensión de ensayo onda de choque 1,2/50  $\mu$ s.....125kV
- Intensidades nominales.....1600 A
- Poder de corte simétrico.....20kA
- Aislamiento.....en SF<sub>6</sub> o vacío
- Ciclos de reenganche rápido.....O-0.3s-CO-1min-CO
- Transformadores de intensidad:
  - o Intensidades primarias nominales.....600-1200 A
  - o Intensidades secundarias (2 núcleos).....5-5 A
- Potencias y clases de precisión:

Los de la celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**1 Celda de medida 19.030€**

- Tensión máxima de servicio.....24 kV
- Relación..... $22\sqrt{3} / 0.11\sqrt{3}$ -0.11:3 kV
- Potencias y clase de precisión (no simultáneas):
  - Primer núcleo (medida).....50 VA, CI 0.5 – 3P
  - Segundo núcleo (protecciones).....50 VA, 3P

**1 Celda de medida y unión de barras 19.320€**

Los de la celdas aislamiento aire cumplirán con la NI 72.50.01 y los de las celdas aislamiento SF6 con la NI 72.58.50.

**2 Seccionadores tripolares 4.300€**

- Tensión nominal.....24 kV
- Nivel de aislamiento a tierra y entre polos:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto.....50 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50  $\mu$ s.....125 kV
- Intensidad nominal.....1600 A
- Intensidad admisible de corta duración (1s).....40 kA
- Intensidad admisible (valor de cresta).....100 kA

**2 Transformadores de servicios auxiliares 26.160€**

- Trifásico sumergido en aceite
- Potencia nominal.....100 kVA
- Tensión primaria.....20 kV
- Tensiones secundarias.....0,42-0,242 kV
- Conexión.....Triángulo/Estrella
- Grupo de conexión.....Dyn11

**2 Reactancias de puesta a tierra 24.200€**

- Tensión nominal.....22 kV
- Frecuencia.....50 Hz
- Grupo de conexión.....Zig-Zag



- Intensidad de defecto a tierra por el neutro.....	500 A
- Duración del defecto a tierra por el neutro.....	30s
- Aislamiento.....	aceite mineral
- Refrigeración.....	ONAN
- Tensión soportada con onda tipo rayo 1,2/50 $\mu$ s.....	125 kV
- Tensión de ensayo a 50 Hz.....	50kV
- Sobretensión inducida a 150 Hz y 40s.....	44kV
<b>2 Baterías de condensadores</b>	<b>95.640€</b>
- Potencia nominal.....	7.2MVAR
- Frecuencia.....	50 Hz
- Tensión nominal.....	20 kV
<b>2.5. Control, protecciones, automatismos y medidas.....</b>	<b>297.540€</b>
<b>Protecciones y automatismos</b>	<b>131.600€</b>
<b>SIPCO</b>	<b>147.950€</b>
<b>Sistema de Medida</b>	<b>8.180€</b>
<b>Equipo de fibra óptica, reloj GPS, equipos auxiliares</b>	<b>9.810€</b>
<b>2.6. Servicios auxiliares.....</b>	<b>72.290€</b>
<b>2 Rectificadores batería de 125 V</b>	<b>35.150€</b>
<b>1 Rectificador batería 48 V</b>	<b>14.710€</b>
<b>1 Armario de distribución de c.a.</b>	<b>15.530€</b>
<b>1 Armario de distribución de c.c.</b>	<b>13.900€</b>
<b>2.7. Instalaciones complementarias.....</b>	<b>47.270€</b>
<b>Iluminación y fuerza</b>	<b>26.970€</b>
<b>Seguridad industrial (antiintrusismo)</b>	<b>1.230€</b>
<b>Sistema detección incendios</b>	<b>4.090€</b>
<b>Mobiliario y enseres</b>	<b>2.870€</b>
<b>Circuitos de c.c. y c.a.</b>	<b>2.700€</b>
<b>Ventilación y aire acondicionado</b>	<b>4.090€</b>
<b>Elementos de seguridad</b>	<b>5.320€</b>
<b>2.8. Elementos varios .....</b>	<b>99.800€</b>



**Total Equipos y Materiales.....2.695.100€**



### 3. OBRA CIVIL

Adecuación del terreno y accesos	23.880€
Movimiento de tierras	17.360€
Cerramiento perimetral de la instalación	14.570€
Viales internos	11.200€
Drenajes	19.210€
Edificio de control y celdas	130.620€
Cimentación y bancada	44.140€
Canalizaciones eléctricas	26.980€
Malla de tierra	31.880€
Terminado del parque de intemperie	8.390€
Tota Obra Civil.....	328.230€



#### 4. MONTAJE

Movimiento de tierras	5.970€
Montaje de aparamenta	7.300€
Montaje de embarrados	5.270€
Montaje de tierras inferiores	4.550€
Montaje de transformadores	13.080€
Cableado interior	5.600€
Equipos de MT	19.210€
Cables de potencia	2.100€
Cableado exterior	7.070€
Cableado de centralización	2.700€
Tendido de fibra óptica	4.400€
Iluminación exterior	2.410€
Iluminación interior	1.020€
Ventilación edificio	500€
Caseta de control	7.320€
Contra incendios	700€
Antintrusos	780€
Aire acondicionado	1.020€
Paso y contacto	1.100€
Grupo electrógeno	2.040€
Batería de condensadores	4.290€
Verificación de planos	2.170€
Pruebas finales	3.680€
Montaje estructura metálica	35.350€
<b>Total Montaje.....</b>	<b>139.630€</b>

5. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Total Plan de Seguridad.....20.850€

## 6. RESUMEN DE PRESUPUESTO

6.1. Equipos y materiales.....	2.695.100€
6.2. Obra civil.....	328.230€
6.3. Montaje.....	139.630€
6.4. Plan de seguridad y salud.....	20.850€

**TOTAL PRESUPUESTO.....3.183.810€**

Asciende el presupuesto de ejecución material a TRES MILLONES CIENTO OCHENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS DIEZ EUROS.

La parte del presupuesto total correspondiente al presupuesto de ejecución por contrata asciende a TRESCIENTOS VEINTIOCHO MIL DOSCIENTOS TREINTA EUROS.

La parte del presupuesto total correspondiente al presupuesto de montaje electromecánico y seguridad y salud asciende a CIENTO SESENTA MIL CUATROCIENTOS OCHENTA EUROS.

Cartagena, Septiembre de 2014



# **DOCUMENTO 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **1. MEMORIA.**

### **1.1. OBJETO DE LA MEMORIA.**

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto definir y coordinar las medidas mínimas de seguridad y salud a tomar, durante la construcción de la Subestación Transformadora, con el fin de conseguir el mantenimiento de un clima de trabajo confortable que elimine o minimice los accidentes e incidentes laborales.

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de la obra el contratista adjudicatario, elaborará el Plan de Seguridad y Salud, en base a lo indicado en este Estudio de Seguridad.

El Estudio y el posterior Plan de Seguridad son válidos para todas las Empresas que actúen en la obra ya sea como contratista, subcontratista o personal autónomo, debiendo el contratista cumplir y hacer cumplir, a todo el personal de obra, lo establecido en ellos así como en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Decretos que la desarrollan y la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El contratante deberá tener constancia de que cada trabajador ha sido informado de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función que desempeña y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

El Jefe de Obra, Técnico de Montaje y Coordinador de Seguridad admitirá y tendrá en cuenta cualquier propuesta por parte del trabajador que vaya dirigida a mejorar los niveles de protección en lo relacionado a la seguridad y salud en el trabajo.

Cuando el trabajador esté o pueda estar en una situación de riesgo grave o inminente, el superior deberá actuar de inmediato para eliminar tal situación, en caso de que el trabajador no pueda ponerse en contacto con su superior, él mismo, podrá subsanar la situación habida cuenta de sus conocimientos y medios a su disposición, y a la primera ocasión deberá informar a su superior del problema y la solución adoptada.

#### **1.1.1. Interferencias con servicios.**

En la zona que está prevista la construcción de la SE. no hay, en la actualidad, servicios que puedan producir interferencias.

### **1.2. ACTIVIDADES.**

Visto el proyecto de la construcción de la SE., la obra se puede dividir en las siguientes actividades:

- Implantación de la obra
- Acopio de material
- Movimiento de tierras
- Obra civil
- Montaje parque 132 kV (estructuras metálicas y aparamenta de A.T.)
- Montaje de la totalidad de la instalación interior
- Tendido de cables y montaje equipos (control, protección, mando y comunicaciones)
- Puesta en servicio de la instalación.

Una vez desarrollado el proyecto definitivo el contratista ampliará, si es necesario, esta relación en su Plan de Seguridad.

### **1.3. EQUIPOS DE TRABAJO.**

La previsión de maquinaria y medios auxiliares, que se expone a continuación, será confirmada y ampliada si es necesario por el contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez desarrollado el proyecto y decididos los procedimientos de trabajo a seguir.

#### **1.3.1. Maquinaria.**

- Retroexcavadora con equipo de martillo rompedor.
- Pala cargadora.
- Camión basculante.
- Dumper, carretilla a motor con volquete.
- Compresor.
- Martillo (neumático, martillo rompedor, taladrador para bulones o barrenos).
- Sierra circular para madera.
- Soldadura por arco eléctrico.

- Soldadura oxiacetilénica, oxicorte y aluminotérmica.
- Hormigonera eléctrica (pastera).
- Camión hormigonera.
- Vibrador.
- Grúa móvil.

### **1.3.2. Elementos.**

- Andamios de borriquetas.
- Cesta de soldador.
- Escaleras de mano.
- Bateas, para movimiento de material en obra.

## **1.4. RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS.**

A continuación para cada actividad básica y cada equipo de trabajo, previstos utilizar en la obra, se hace una identificación de los riesgos más significativos y se relacionan las medidas preventivas y las protecciones que tenderán a controlar y reducir dichos riesgos. El contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez decididas las actividades que ejecutará en la obra y los equipos de trabajo que dispondrá, completará esta lista, tanto en actividades como en identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones.

### **1.4.1. Actividades.**

#### **Implantación de la obra**

Antes del inicio de la obra el personal encargado estudiará, sobre la superficie de terreno disponible, la distribución de los servicios necesarios durante el desarrollo de la obra (acopio, talleres, oficinas, servicios del personal, etc.) así como los accesos para vehículos y personal en las diferentes actividades a realizar.

Previo al inicio de las actividades principales se efectuará el vallado de todo el perímetro de la obra con el fin de evitar los riesgos a terceros, dada la atracción que tienen las obras para muchas personas ajenas a ella.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias.

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de cargas o materiales.
- Riesgos provocados por la maquinaria.
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza.

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes y cinturón antilumbago.

A partir de este momento existirá en obra una persona encargada de seguridad que revise regularmente las protecciones colectivas para su mantenimiento y reposición.

### **Acopio de material, almacenamiento y expedición**

La recepción del material necesario para el montaje se efectuará en una campa dispuesta en la obra para tal fin. En esta campa se irán clasificando los diferentes materiales y se almacenarán hasta la expedición a sus emplazamientos definitivos o la devolución por finalizar la obra.

Los accesorios de la grúa que se utilicen (bragas, estrobos, etc.), estarán en perfectas condiciones de uso.

El transporte del material desde la campa hasta su emplazamiento se efectuará con vehículo adecuado, nunca con grúa móvil o máquinas retro y el personal nunca viajará en el mismo habitáculo que la carga.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de cargas o materiales.
- Caída de objetos.
- Riesgos provocados por la maquinaria.
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza.
- Ruidos.

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes, cinturón antilumbago y orejeras.

### **Movimiento de tierras**

La mayoría de accidentes en estas actividades son colisiones o atropellos y se producen sobre todo por distracciones.

Las operaciones de movimientos de tierras no se improvisarán ni las organizará el propio maquinista si no que se planificarán dentro del desarrollo de actividades de la obra y serán dirigidas por el jefe de obra y el encargado. Los operarios tendrán instrucciones concretas de su cometido y la forma de ejecutarlo, evitando así que tomen iniciativas sobre tareas que no deben hacer.

Todos los operarios recibirán instrucciones para que si al excavar se encuentran con variaciones de los estratos o de sus características, cursos de agua subterráneas, etc., paren la obra en ese tajo y avisen a la jefatura de obra, al objeto de adoptar las medidas oportunas para evitar derrumbamientos.

Los circuitos de la maquinaria, así como su radio de acción deben señalizarse, para evitar que nadie permanezca dentro y evitar así que se produzcan atropellos y colisiones.

### **Excavación de zanjas**

En función del tipo de terreno, el contratista decidirá que tipo de maquinaria es la más adecuada para realizar la excavación.

Los materiales extraídos de la excavación se acopiarán a una distancia del borde que sea como mínimo igual a la profundidad prevista. Igualmente se actuará en el acopio de otros materiales junto a las excavaciones. Con esta medida se elimina en parte el riesgo de derrumbamientos por cargas estáticas.

Para evitar los derrumbamientos producidos por cargas dinámicas, se prohibirá la circulación de vehículos por las proximidades de las cabezas de excavación.

El encargado revisará todos los frentes de excavación al principio y al final de la jornada, para comprobar la estabilidad del terreno y que todos los tajos se encuentran protegidos.

Se delimitará la zona de trabajo mediante cinta de balizamiento, prohibiendo la circulación de personas en el radio de acción de la máquina excavadora.

Se tenderá a que las excavaciones estén abiertas el mínimo tiempo posible y en caso de estar más de un día abiertas, se protegerá el riesgo de caídas a distinto nivel con vallas de cabeza de vaciado.

Para el acceso de personal al fondo de la excavación (alturas inferiores a 5 m), se utilizarán escaleras de 0,50 m de anchura y con pendiente no superior a 1:4. El número de escaleras será el suficiente para permitir salir al personal con suficiente rapidez en caso de emergencia.

Cuando las zanjas tengan más de un metro de profundidad, siempre que hayan operarios en su interior, se mantendrá uno en el exterior que dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

Para atravesar las zanjas sin riesgo, se dispondrán pasarelas con barandillas de protección.

No se efectuará trabajos simultáneos en distintos niveles de la misma vertical, ni se trabajará sin casco de seguridad y se evitará situar cargas suspendidas por encima de los operarios.

Si es necesario que se acerquen vehículos al borde de la excavación, se instalarán topes de seguridad.

En todas las excavaciones se efectuará el talud adecuado al tipo de terreno. En el caso de excavaciones que no se pueda hacer toda la altura con talud, se taluzará la cabeza de la excavación y se tomarán medidas para que los trabajadores permanezcan el menor tiempo posible dentro de la zona de peligro, confeccionando las armaduras en taller, encofrando a una cara, etc.

En el caso de zanjas, de profundidad igual o superior a 1,20 m, si no se puede dar el talud adecuado, se recurrirá a la entibación.

Nunca se entibará sobre superficies inclinadas y en caso necesario se rellenará el trasdós de la entibación para asegurar un perfecto contacto con el terreno.

Las entibaciones se deberán revisar diariamente antes de comenzar el trabajo, tensando los codales que se hayan aflojado.

Las entibaciones se quitarán sólo cuando dejen de ser necesarias y siempre por franjas horizontales empezando por la parte inferior.

### **Identificación de riesgos y protecciones**

Los riesgos más frecuentes en el movimiento de tierras son:

- Atropellos.
- Colisiones.
- Vuelcos.
- Aplastamientos por corrimientos de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Caídas de materiales o rocas.
- Golpes o aplastamientos con partes móviles de máquinas.

Las protecciones colectivas a montar:

- Señalización interior de obra.
- Señalización exterior de obra.
- Vallas de contención de peatones.
- Bandas de plástico de señalización.
- Carteles anunciadores, desprendimientos, prohibido el paso, etc.
- Entibaciones.
- Pasarelas.
- Barandillas resistentes.

Las protecciones del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad (tajo).
- Botas de seguridad con piso antideslizantes (operadores).
- Botas de goma con puntera reforzada (tajo días de lluvia).
- Casco.
- Guantes.
- Mono.
- Cinturón antivibratorio.
- Protector de oídos.

- Mascarilla antipolvo.
- Impermeable.

### **Obra civil**

Los riesgos más frecuentes durante las fases de ferrallado y hormigonado son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.
- Riesgos derivados de la manipulación de hormigón como dermatosis y salpicaduras en ojos.
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte.
- Riesgo eléctrico.
- Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.
- Incendios.
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización.
- Interruptores diferenciales.
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m y en huecos y perímetros donde no exista otra protección.
- Extintores.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad.
- Casco.
- Guantes.
- Mono.

- Gafas.

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

- Cinturón antilumbago
- Mascarillas antipolvo
- Orejeras
- Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.)
- Cinturón de seguridad

Una vez acabado el hormigonado se señalará convenientemente la zona para evitar el riesgo de caídas o hundimiento hasta su fraguado.

#### **Montaje parque (estructuras metálicas y apartamento de A.T.)**

El acopio del material se hará en sentido inverso al de su utilización y se planificará para que cada elemento que vaya a ser transportado no sea estorbado por ningún otro.

En la recepción en obra de los elementos, se anotará su peso, en el propio elemento, con el objeto de utilizar repartidores de carga cuando sea necesario y de no sobrepasar las cargas máximas admisibles de las grúas.

El movimiento de los elementos sólo se realizará con los útiles previstos por el fabricante y sólo se engancharán por los puntos previstos y en las formas previstas.

Antes de izar cualquier elemento, se comprobará que se encuentra libre y que no tiene algún trabazón que lo una a otro elemento.

Una vez enganchada la pieza, el personal encargado de ello, se alejará cuando las eslingas estén tesas.

Para dirigir piezas de gran tamaño se utilizarán cuerdas guía.

Los gruistas recibirán instrucciones sobre: cargas máximas admisibles, no pasar las cargas por encima de las personas, elevar siempre las cargas en vertical evitando los tirones, etc.

En elementos de gran superficie se extremarán las precauciones durante las maniobras, en caso de viento constante o ráfagas, para evitar el vuelco de las grúas o golpes a los operarios.

Los trabajos de montaje se suspenderán en días de lluvia intensa, tormentas, nieve, heladas fuertes o velocidad del viento elevada.

Nunca se programarán trabajos que obliguen a mantener abiertos dos tajos en la misma vertical.

Tanto los elementos de la estructura como la aparamenta de A.T. se soldarán o atornillarán con la mayor rapidez posible. No se dejarán elementos apuntalados provisionalmente.

Los operarios que realicen trabajos en altura, tendrán una bolsa de herramientas adecuada para evitar su caída.

Las eslingas utilizadas estarán siempre en perfecto estado y se sustituirán inmediatamente las que se observen que tienen algún deterioro por pequeño que sea. Si se emplean eslingas textiles, sólo se utilizarán las que cuenten con identificación del material y carga máxima. La unión de las eslingas formadas por cables se realizará siempre con grilletes de tamaño adecuado.

El personal encargado de las operaciones de ensamblaje sujetará siempre el cinturón de seguridad a alguna parte fija de la estructura, no permanecerá en los elementos durante el transporte, no trepará por los perfiles y no arrojará objetos desde altura.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel.
- Caídas de cargas o materiales.
- Caídas de objetos.
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte.
- Riesgo eléctrico.
- Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización.
- Interruptores diferenciales.
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad.
- Casco.
- Guantes.
- Mono.
- Gafas.

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

- Cinturón antilumbago.
- Orejeras.
- Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.).
- Cinturón de seguridad con arnés TXT y cuerda salva vidas.
- Bolsa de herramientas.

**Tendido de cables y montaje equipos (control, protección, mando y comunicaciones).**

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel.
- Caídas de cargas o materiales.
- Caídas de objetos.

- Golpes y atrapaduras.
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte.
- Riesgo eléctrico.
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad.
- Casco.
- Guantes.
- Mono.
- Gafas contra proyecciones.

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

- Cinturón antilumbago.
- Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.).
- Cinturón de seguridad.

El personal que deba realizar terminaciones de cables, tiene que estar homologado para la realización de trabajos en cables de M.T.

### **Puesta en servicio de la instalación**

La puesta en servicio de la instalación se efectuará una vez acabada la obra y siguiendo los protocolos correspondientes elaborados por el proyectista.

El personal que realice los ensayos necesarios para la puesta en servicio deberá ser experto en aparatos elevadores de tensión de ensayos.

Todas las zonas donde estén ubicados los circuitos a ensayar, se señalizarán para evitar el paso de personal no incluido en el equipo de laboratorio.

La energización de los diferentes circuitos se hará por separado, señalizando las zonas de trabajo para evitar la entrada de personal ajeno al equipo de puesta en servicio.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la utilización de herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgia.
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel.
- Riesgo eléctrico.
- Incendio.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización.
- Carteles indicadores.
- Extintores.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad.
- Casco.
- Guantes.

Estas protecciones básicas se complementarán con las necesarias si, por necesidades de la puesta en marcha, se necesita maniobrar o poner a tierra algún circuito de A.T.

#### **Utilización de maquinaria. Actuación del maquinista.**

Cumpliendo el Real Decreto 1215/97, la conducción en obra de equipos de trabajo automotores debe ser realizada por operarios que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de dichos equipos.

Antes de poner la máquina en marcha, se deberá comprobar que no hay personas ni obstáculos a su alrededor.

El maquinista conocerá cual es la zona de trabajo previamente delimitada así como la altura de seguridad en el caso que se trabaje bajo líneas de A.T.

Cualquier maquinista operador o auxiliar, que haya de intervenir en la obra durante la puesta en servicio, habrá recibido un cursillo de formación para trabajos en proximidad y cercanía de tensión y deberá conocer claramente su cometido en el tajo.

No se cargará en ningún caso por encima de la cabina.

Queda totalmente prohibida la utilización de la pala de la retroexcavadora para transportar personal.

No se utilizarán las máquinas excavadoras como grúas ni para el transporte de material.

#### **Condiciones que deben reunir las máquinas en obra**

Las máquinas deberán llevar señalización acústica, retrovisores a cada lado, servofrenos y freno de mano. Todo ello en perfecto estado de funcionamiento.

#### **Almacenamiento de combustible**

Para el almacenamiento y manipulación de bidones de líquidos inflamables, gasolina, gas-oil, etc., se habilitará un lugar idóneo en la caseta de obra adecuada para tal fin y lejos del personal.

Bajo ningún concepto se encenderán fuegos o se soldará en las proximidades.

Se mantendrá el suelo limpio de carburantes y aceites.

Se dispondrá de los medios necesarios de extinción.

#### **1.4.2. Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para elementos maquinaria.**

##### **Retroexcavadora**

Ver Notas Técnicas de Prevención NTP-122 y NTP-126.

##### **Pala cargadora**

Ver Notas Técnicas de Prevención NTP-79 y NTP-126.

### **Camión basculante**

Riesgos más frecuentes:

- Choques contra elementos de la obra.
- Atropello de personas.
- Vuelcos.
- Caídas de objetos.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes.

Medidas de prevención:

- La caja se ha de bajar después de descargar y antes de iniciar el movimiento.
- Ajustar la velocidad a las características de la obra.
- Respetar las señalizaciones de la obra.
- Respetar las normas del Código de Circulación.
- Las zonas de maniobra han de estar despejadas de personal.
- No aproximarse a las zanjas a distancias inferiores de 1 m.
- Durante las operaciones de carga el chófer debe estar fuera de la cabina y del radio de acción de la máquina.

Protecciones colectivas:

- Bandas de señalización en zonas de maniobras.
- Extintor en cabina.

Protecciones individuales del chófer:

- Casco de seguridad cuando esté fuera de la cabina.
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Guantes.

### **Dumper, carretilla a motor con volquete**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-76

### **Compresor**

Riesgos más frecuentes:

- Vuelcos, atrapamientos y caídas por terraplén.
- Caídas desde el vehículo de transporte.
- Desprendimiento y caída durante el transporte en suspensión.
- Sobre esfuerzos.
- Ruido.
- Rotura de manguera a presión.
- Emanaciones de gases tóxicos.

Medidas de prevención:

- No circular por pendientes superiores a las admisibles.
- Utilizar siempre por personal cualificado.
- Los estrobos para carga y descarga han de estar en perfectas condiciones de uso.
- Efectuar las revisiones de mantenimiento fijadas por el constructor.
- No tender las mangueras por lugares sujetas a abrasiones o paso de vehículos.

Protecciones colectivas:

- Delimitar las zonas de trabajo para evitar el acceso de personas ajenas.
- Protecciones individuales:
  - Casco de seguridad.
  - Botas de seguridad.
  - Guantes.
  - Orejeras.

- Gafas contra proyecciones.

### **Martillo (neumático, rompedor, taladrador para bulones o barrenos)**

Riesgos más frecuentes:

- Ruido
- Proyección de objetos
- Rotura de mangueras

Medidas de prevención:

- Efectuar las revisiones de mantenimiento fijadas por el constructor.
- No tener las mangueras por lugares sujetas a abrasiones o paso de vehículos.

Protecciones colectivas:

- Delimitar las zonas de trabajo para evitar el acceso de personas ajenas.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Guantes.
- Orejeras.
- Gafas contra proyecciones.

### **Sierra circular**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-96.

### **Soldadura por arco eléctrico**

Riesgos más frecuentes:

- Exposición a radiaciones no ionizantes.
- Inhalación de vapores metálicos.
- Riesgo eléctrico.
- Quemaduras.

- Proyección de partículas.
- Incendio.
- Caídas de objetos.
- Golpes y cortes.

Medidas de prevención:

- Aislar los puntos de trabajo para evitar que los trabajadores próximos no se sometan a radiaciones.
- Acotar las zonas donde se pueden producir proyecciones de material incandescente.
- Suspender los trabajos en presencia de lluvia, hielo o viento.

Protecciones colectivas:

- Cubierta protectora de los bornes de conexión del grupo.
- Puesta a tierra de los circuitos.
- Aislamiento de las pinzas portaelectrodos.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Pantalla facial de seguridad contra radiaciones.
- Guantes de soldador.
- Mandil de cuero.
- Polainas de cuero.

**Soldadura oxiacetilénica y oxicorte**

Riesgos más frecuentes:

- Exposición a radiaciones no ionizantes.
- Inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.

- Proyección de partículas.
- Explosión e incendio.
- Caídas de objetos.
- Golpes y cortes.

Medidas de prevención:

- Evitar almacenamiento excesivo de botellas.
- El transporte de las botellas debe hacerse con la válvula de cierre protegida por el capuchón roscado.
- Mantener las botellas en posición vertical, aseguradas contra choques y caídas.
- Proteger las botellas de humedad intensa y continua, de la radiación solar y de focos de calor.
- No engrasar las botellas de oxígeno ni sus accesorios y no ponerlos en contacto con ácidos, grasas o materiales inflamables.
- Antes de utilizar las botellas de acetileno, deben estar en posición vertical un mínimo de 12 horas.
- Revisar periódicamente el estado de conservación y fijación de las gomas.

Protecciones colectivas:

- Manómetros reductores de presión.
- Válvulas antirretorno.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Pantalla facial de seguridad contra radiaciones.
- Guantes de soldador.
- Mandil de cuero.
- Polainas de cuero.

### **Hormigonera eléctrica, pastera**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-121.

### **Camión hormigonera**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-93.

### **Vibrador**

Riesgos más frecuentes:

- Salpicaduras de lechada a los ojos.
- Descargas eléctricas.
- Caídas a distinto nivel.

Medidas de prevención:

- Utilizar por personal cualificado.
- Vibrar el hormigón desde lugar estable.
- Proteger el cable de alimentación de agresiones mecánicas.

Protecciones colectivas:

- Las correspondientes a la actividad de obra civil.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de PVC.
- Guantes.
- Gafas contra proyecciones.

### **Grúa móvil**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-208.

## **1.4.3. Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para elementos auxiliares.**

### **Andamios de borriquetas**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-202.

### **Cesta de soldador**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas a distinto nivel.
- Desplome de la plataforma.
- Cortes por rebabas y similares.

Medidas de prevención:

- La cesta estará construida totalmente en acero y la plataforma además será antideslizante.
- Los elementos de colgar no permitirán balanceos.
- Los cuelgues se efectuarán por enganche doble, de tal forma que quede asegurada la estabilidad de la cesta en el caso de fallo de algún enganche.

Protecciones colectivas:

- La cesta llevará barandilla perimetral de 1 m de altura, con pasamano intermedio y rodapiés de 15 cm.
- El acceso directo a la cesta será por escalera de mano, con ganchos de anclaje y cuelgue en cabeza.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con suela antideslizante.
- Guantes.

### **Escaleras de mano**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas a distinto nivel.
- Contusiones durante transporte.

Medidas de prevención:

- Los apoyos de la escalera tendrán elementos antideslizantes y siempre se apoyará sobre superficies planas.

- Los montantes serán de una sola pieza y los escalones estarán empotrados.
- Las escaleras se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas y, a ser posible, fuera de las zonas de paso.
- La subida y bajada hay que hacerlas de cara a la escalera.
- No se ha de subir con pesos superiores a 25 Kg.
- La inclinación será aproximadamente de 1:4.
- No se pueden salvar alturas superiores a 5 m, a menos que estén reforzadas en el centro.
- Para alturas superiores a 7 m se utilizarán escaleras especiales.
- La longitud de las escaleras utilizadas como acceso a puntos superiores, deben sobrepasar en 1 m dicho punto y estar amarradas a él, no utilizándola nunca más de una persona.

Protecciones colectivas:

- Las escaleras de tijera estarán previstas de cadenas o cables que impidan que se abran al utilizarlas.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad con suela antideslizante.
- Guantes.
- Cinturón de seguridad.

**Bateas, para movimiento de material en obra**

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-77.

## 1.5. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

### 1.5.1. Primeros auxilios.

Aunque el objeto de este Estudio de Seguridad y Salud es evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario prever la prestación de

primeros auxilios para atender a los posibles accidentados, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997.

Dada las características de la obra e instalación a efectuar, será necesario dotarlo de un botiquín de primeros auxilios por tajo de trabajo, en el que se le den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados.

En el Plan de Seguridad y Salud que elabore el contratista adjudicatario de la obra, deberá constar la ubicación, así como, la dotación de dichos botiquines.

#### **1.5.2. Medicina preventiva.**

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como las disfunciones derivadas de los trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, se prevé que el contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación vigente, realice los reconocimientos médicos previos a los trabajadores de esta obra, antes de su inicio, también exigirá este cumplimiento al resto de las empresas que sean contratadas por él.

#### **1.5.3. Evacuación de accidentados.**

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, estará prevista por el contratista adjudicatario de la obra mediante la contratación de un servicio de ambulancias y/o helicóptero, que definirá en su Plan de Seguridad.

#### **1.5.4. Servicios comunes.**

Dada las características de la obra e instalaciones a efectuar, será necesario dotarla de una caseta de obra, para vestuarios, de unas medidas aproximadas de 6,5x2,5 m, aproximadamente por tajo de obra y por cada 14 trabajadores o fracción, el contratista adjudicatario de la obra definirá la situación y el número de casetas de obra en su Plan de Seguridad.

### **1.6. FORMACIÓN.**

Toda persona que intervenga en la obra recibirá una formación general de seguridad.

Al personal que intervenga en el montaje de la estructura y de la aparamenta de 132 kV, además del curso de formación general, se le impartirá un curso de formación específica en riesgos de altura y eléctrico y se le comentarán los accidentes tipo, que la empresa propietaria de la instalación tiene a disposición del contratista.

A los maquinistas que, por cualquier circunstancia, puedan maniobrar debajo de las barras de 132 kV, durante el tiempo que se realice la puesta en servicio de la subestación, se les impartirá un curso de formación específica para trabajos en proximidad y cercanía de tensión.

Al personal que actúe como jefe de trabajos se le formará O.G.S.H.T. capítulo VI, en especial Art. 67, Art. 68 y Art. 69, así como en las Normas de Operación del Grupo Iberdrola Distribución.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **2.1. GENERALIDADES.**

#### **Ambito de aplicación**

Las presentes condiciones regirán en todos los trabajos encargados al contratista adjudicatario de la obra en las instalaciones de la Subestación Transformadora de A.T., M.T. y B.T.,

#### **Seguridad e higiene en el trabajo**

El contratista se obliga a hacer cumplir en todo momento a su personal y al personal subcontratado las normas contenidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, según orden del 8 de noviembre de 1995, así como todos los reglamentos que la desarrollan y cuantas disposiciones y reglamentos que continúen en vigor, conducentes a evitar peligros y accidentes.

En cualquier caso el contratista tendrá que asumir las responsabilidades de Jefe de Trabajo de acuerdo con las Normas de Operación del Grupo Iberdrola Distribución.

#### **Normas legales**

El contratista deberá tener en todo momento afiliados y en alta de la Seguridad Social a todos aquellos trabajadores que de algún modo intervengan en la realización de los trabajos, así como aquellos que en su caso, precisen llevar a efecto tareas de coordinación, colaboración, dirección y control relacionados con la ejecución de dichos trabajos.

El contratista deberá disponer, previo al inicio de los trabajos, una póliza de seguro de accidentes de trabajo, donde se incluya la electrocución. Esta póliza deberá ser presentada al contratante para su examen y basteo.

### **Medio ambiente**

El contratista se compromete a cumplir y hacer cumplir cuantas normas existen sobre medio ambiente y responderá frente a las autoridades administrativas y judiciales de los daños causados durante la realización de los trabajos encomendados.

El contratista se obliga a que, una vez finalizados los trabajos, limpiará la zona de los posibles residuos de materiales empleados y restituirá el ecosistema de la zona afectada.

## **2.2. NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS.**

### **Decreto 3151/1968. Reglamento de líneas aéreas de alta tensión.**

Prescripciones técnicas que deberán cumplir las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, entendiéndose como tales las de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea igual o superior a 1 kV.

### **Decreto 2413/1973. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias.**

Condiciones y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una tensión igual o inferior a 1.000 V para corriente alterna y 1.500 V para corriente continua.

### **Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias (Orden ministerial 18-10-1984).**

Condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios.

### **Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales**

Promueve la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

### **Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971. Capítulo 6 (Electricidad).**

Protección contra contactos en las instalaciones y equipos eléctricos.

**Real Decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad de máquinas.**

Establece los requisitos necesarios para obtener el nivel de seguridad suficiente, de acuerdo con la práctica tecnológica del momento, a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas.

**Ley 8/1998 de 7 de abril, infracciones y sanciones en el orden social.**

Infracciones por obstrucción a la labor inspectora, sobre la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y convenios colectivos, que tienen encomendada los inspectores de Trabajo y Seguridad Social y los controladores laborales.

**Real Decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido.**

Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo y particularmente para la audición.

**Real Decreto 485/1997. Señalización de los lugares de trabajo.**

Disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

**Real Decreto 487/1997. Disposiciones mínimas en la manipulación de cargas.**

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

**Real Decreto 773/1997. Utilización de equipos de protección individual.**

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los equipos de protección individual.

**Real Decreto 1215/1997. Utilización de equipos de trabajo.**

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores en el trabajo.

**Real Decreto 1627/1997. Condiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.**

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.

**Código de circulación.**

**Norma UNE-EN 50110**

Prescripciones generales para la operación de las instalaciones eléctricas así como para la realización de trabajos sobre, con o en la proximidad de instalaciones eléctricas, todo ello en adecuadas condiciones de seguridad.

**Nota Técnica de Prevención NTP-75**

Bulldozer.

**Nota Técnica de Prevención NTP-76**

Dumper, carretilla a motor con volquete.

**Nota Técnica de Prevención NTP-77**

Bateas – Paletas y plataformas para formación de cargas unitarias.

**Nota Técnica de Prevención NTP-79**

Pala cargadora.

**Nota Técnica de Prevención NTP-93**

Camión hormigonera.

**Nota Técnica de Prevención NTP-96**

Sierra circular para construcción, dispositivos de protección.

**Nota Técnica de Prevención NTP-121**

Hormigonera.

**Nota Técnica de Prevención NTP-122**

Retroexcavadora.

**Nota Técnica de Prevención NTP-126**

Máquinas para movimientos de tierras.

**Nota Técnica de Prevención NTP-202**

Andamios de borriquetas.

## **Nota Técnica de Prevención NTP-208**

Grúa móvil.

### **Información contratista**

La empresa propietaria tendrá a disposición del contratista toda la documentación de seguridad propia que se relaciona en este Estudio.

## **2.3. UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS.**

### **Sobre la maquinaria utilizada en la obra:**

Solo será maniobrada por personal autorizado y preparado para dicho fin.

Sólo se utilizará siguiendo las instrucciones del constructor y para los trabajos que ha sido proyectada.

Cumplirá siempre con todas las normas de seguridad en vigor, efectuándole, cuando sea necesario, las modificaciones adecuadas para su adaptación a las nuevas normas.

Deberá estar siempre en perfecto estado de servicio, por lo que ha de pasar las revisiones periódicas de mantenimiento que fije el constructor.

### **Sobre los útiles y herramientas:**

Siempre se utilizarán siguiendo las instrucciones del fabricante y sólo para realizar los trabajos para los que han sido proyectadas.

Estarán siempre en perfecto estado de servicio, por lo que se retirarán las que hayan sufrido golpes o desperfectos que no garanticen la seguridad del operario que las utilice aunque puedan desarrollar el trabajo en precario.

## **2.4. UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD.**

### **Sobre el material de seguridad necesario en la obra:**

Se utilizará siempre siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante y sólo para cumplir la función que haya sido proyectado.

Deberá estar siempre en perfecto estado de servicio por lo que deberá someterse a las revisiones y operaciones de mantenimiento periódicas que fije el constructor.

Será retirado inmediatamente de la obra, para su reparación o desguace, el material que sufra algún deterioro, por pequeño que sea, ya que siempre se ha de garantizar la seguridad del operario que lo utilice.

## **2.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN A UTILIZAR EN LA OBRA.**

En este apartado se enumeran las previsiones de protecciones colectivas e individuales a utilizar en obra, según los riesgos identificados para las actividades y equipos de trabajo expuestos. El contratista en su Plan de Seguridad completará y adaptará estas previsiones una vez decididas las actividades definitivas a seguir así como las máquinas y equipos de trabajos que dispondrá en obra.

### **2.5.1. Protección colectiva.**

- Verificador de ausencia de tensión para A.T. y B.T.
- Equipos de puesta a tierra.
- Transformadores de aislamiento.
- Interruptor diferencial de 30 mA.
- Interruptor diferencial de 300 mA.
- Extintores de incendios.
- Entibación blindaje metálico para excavaciones.
- Vallas de seguridad.
- Cinta señalización zona de trabajo.

### **2.5.2. Protección individual.**

Dado que con las protecciones colectivas no se pueden resolver la totalidad de los riesgos identificados, se deberán utilizar los siguientes equipos de protección individual:

- Botas impermeables al agua y a la humedad.
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad para A.T.
- Guantes aislantes de la electricidad para B.T.
- Guantes para trabajos mecánicos.

- Guantes de soldador.
- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Gafas de seguridad contra radiaciones de soldadura y oxicorte.
- Cinturones antilumbago.
- Cinturones contra vibraciones.
- Muñequeras contra vibraciones.
- Mascarillas de papel filtrante contra el polvo.
- Orejeras.
- Cascos de seguridad.
- Cinturones de seguridad.
- Arnés TXT y cuerdas salva-vidas.
- Impermeable.
- Chaleco reflectante.
- Chaqueta ignífuga.
- Mandiles de seguridad fabricado en cuero.
- Polainas de cuero.
- Ropa de trabajo (monos o buzos de algodón).
- Pantallas de seguridad contra las radiaciones de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y oxicorte.

### **2.5.3. Señalización de los riesgos del trabajo.**

Como complemento de la protección colectiva y de los equipos de protección individual previstos, se empleará una señalización normalizada que recuerde los riesgos existentes a todo el personal de la obra. Las señales se seleccionarán dependiendo de las operaciones concretas a realizar y a título informativo se relacionan las siguientes:

- Advertencia del riesgo eléctrico.
- Advertencia explosión.

- Advertencia de peligro.
- Prohibido fumar y llamas desnudas.
- Prohibido paso a peatones.
- Protección obligatoria cabeza.
- Protección obligatoria manos.
- Protección obligatoria pies.
- Protección obligatoria vista.



# ANEXOS



## **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/condicionesclimaticas.pdf>
- <http://www.mesa.es/es/>
- <http://aparamenta.electrotaz.com/index.php>
- <http://www.isodel.com/flash/index.htm>
- <http://www.energy.siemens.com/>
- [www.abb.es](http://www.abb.es)
- [www.directindustry.com](http://www.directindustry.com)



# PLANOS