

## CUALIFICACIÓN PROFESIONAL:

### Montaje y mantenimiento de líneas eléctricas de alta tensión

<i>Familia Profesional:</i>	<b>Electricidad y Electrónica</b>
<i>Nivel:</i>	<b>2</b>
<i>Código:</i>	<b>ELE767_2</b>
<i>Estado:</i>	<b>BOE</b>
<i>Publicación:</i>	<b>RD 45/2022</b>

### Competencia general

Efectuar operaciones de montaje, reparación, mantenimiento, revisión y desmontaje de líneas eléctricas de alta tensión, tanto aéreas como subterráneas, en el alcance de competencias de su categoría como persona instaladora, aplicando los procedimientos especificados en la documentación de referencia, cumpliendo la normativa relativa al Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, protección medioambiental, planificación de la actividad preventiva y los estándares de calidad.

### Unidades de competencia

**UC2562\_2:** Efectuar operaciones de montaje de líneas aéreas de alta tensión

**UC2563\_2:** Efectuar operaciones de montaje de líneas subterráneas de alta tensión

**UC2564\_2:** Realizar operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión

### Entorno Profesional

#### Ámbito Profesional

Desarrolla su actividad profesional en el área de las instalaciones eléctricas, dedicado a líneas de alta tensión, en entidades de naturaleza pública o privada, empresas instaladoras de alta tensión habilitadas. Desarrolla su actividad dependiendo, en su caso, funcional y/o jerárquicamente de un superior. Puede tener personal a su cargo en ocasiones. Su actividad profesional está sometida a regulación por la Administración competente. En el desarrollo de la actividad profesional se aplican los principios de accesibilidad universal y diseño universal o diseño para todas las personas de acuerdo con la normativa aplicable.

#### Sectores Productivos

Se ubica en el sector eléctrico, en el subsector relativo a instalaciones de líneas de alta tensión, en cualquiera de sus categorías.

#### Ocupaciones y puestos de trabajo relevantes

Los términos de la siguiente relación de ocupaciones y puestos de trabajo se utilizan con carácter genérico y omnicomprendivo de mujeres y hombres.

- Instaladores de líneas de alta tensión, categoría LAT2
- Instaladores de líneas de alta tensión, categoría LAT1

### Formación Asociada (570 horas)

### Módulos Formativos

**MF2562\_2:** Montaje de líneas aéreas de alta tensión (180 horas)

**MF2563\_2:** Montaje de líneas subterráneas de alta tensión (180 horas)

**MF2564\_2:** Operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión (210 horas)

## UNIDAD DE COMPETENCIA 1

### Efectuar operaciones de montaje de líneas aéreas de alta tensión

Nivel: 2

Código: UC2562\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Chequear las características de los hoyos y zanjas, para el montaje de los apoyos de la línea aérea de alta tensión y su puesta a tierra, estableciendo medidas de protección, comprobando las dimensiones y particularidades del terreno, disponiendo los electrodos y la línea de enlace a tierra, bajo supervisión de la persona responsable.

**CR1.1** Las señalizaciones y protecciones de seguridad se sitúan en todo el perímetro de los hoyos y zanjas, manteniendo su continuidad, para evitar caídas de personas y animales.

**CR1.2** Las dimensiones reales de los apoyos y de las excavaciones para su emplazamiento se contrastan con las definidas en los planos de construcción de la línea aérea de alta tensión en cuanto a profundidad, anchura, longitud y distancia entre los mismos.

**CR1.3** Las características, disposición de las zanjas y tipología del terreno para la puesta a tierra de los apoyos -profundidad, perímetro, resistividad, disposición de electrodos- se revisan comprobando que cumplen las especificaciones de la memoria de ejecución de la línea aérea de alta tensión.

**CR1.4** Los electrodos de puesta a tierra se colocan en el terreno según configuración -radial, anular, hilera o malla- definida en el plan de montaje:

- En el fondo de las excavaciones para los apoyos, usando cabezas protectoras para el hincado o con la perforación de pozos específicos para electrodos, que eviten golpes en la manipulación de picas, varillas, conductores desnudos, mallas metálicas o placas,
- Realizando los empalmes mediante soldadura aluminotérmica, grapas o piezas de unión por cuña a presión,
- Disponiendo la línea de tierra para su posterior conexión al apoyo.

**CR1.5** La resistencia de puesta a tierra del electrodo de cada apoyo se mide con un telurómetro, registrando los resultados y, en caso de no corresponder al rango de valores establecidos en el diseño de la línea, revisando de nuevo la colocación de los electrodos y sus conexiones.

**RP2:** Montar los apoyos para sustentar los conductores y equipos de la línea aérea de alta tensión, emplazando los materiales según el replanteo y la orografía del terreno, armándolos, orientándolos y sujetándolos para elevado completo o por tramos, facilitando el paso de la toma de tierra y evitando daños al entorno natural.

**CR2.1** Las herramientas -llaves de tubo y dinamométricas, tenazas, barras de montaje, granetes - y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y las características del trabajo.

**CR2.2** Los perfiles y estructuras metálicas -celosías, tubulares, crucetas, entre otros-, se acopian a lo largo del trazado de la línea aérea, utilizando como soporte vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora-, evitando zonas inundables, de fácil incendio, daños al entorno vegetal y el desplazamiento o deslizamiento del propio terreno.

**CR2.3** Los apoyos se montan, a partir de las instrucciones del fabricante, usando llaves de tubo, dinamométricas y barras de montaje que no deterioren la estructura ni la tornillería:

- Estableciendo, si el izado del apoyo está próximo a una línea eléctrica, las medidas preceptivas por trabajos en proximidad de tensión o solicitando, en su caso, el corte de tensión,
- Manteniendo las distancias -proximidades, cruzamientos, paralelismos- establecidas en la documentación del plan de montaje,
- Desechando las piezas que presenten deformaciones o defectos,
- Armados en el suelo para izado completo o armados por elementos -barras, paños, crucetas- para izado por tramos,
- Calzando las estructuras metálicas en el suelo para que no se produzcan deformaciones en la celosía,
- Dejando las uniones sin apretar por completo hasta que el apoyo esté terminado y comprobada su ejecución,
- Graneteando la tornillería para impedir que se afloje cuando la torre esté completamente montada y apretada.

**CR2.4** La base o los anclajes de los apoyos se colocan sobre los hoyos, emplazados en alineación, cota y nivelación, sujetos para que no puedan sufrir movimientos inadvertidos y, una vez en su posición definitiva, comprobando las distancias a las paredes de los fosos según los cálculos de las cimentaciones, reflejados en el proyecto de construcción de la línea aérea de alta tensión.

**CR2.5** Los tubos de paso para los conductores de la línea de tierra que conecta con el apoyo se disponen, sobresaliendo hacia el exterior por encima de las peanas y penetrando por el interior del anclaje hasta el electrodo.

**CR2.6** El hormigón se vierte por capas para evitar desplazamientos en la cimentación del apoyo, rellenado completamente la excavación y manteniendo los medios de sujeción de bases y anclajes hasta su completo secado.

**CR2.7** El izado completo o el armado por tramos de los apoyos se efectúa comprobando su aplomado y nivelado, conectando la puesta a tierra siguiendo los procedimientos de ejecución y especificaciones del fabricante.

**RP3:** Disponer los conductores activos y el cable de guarda en su posición definitiva para formar la línea aérea de alta tensión, armando las cadenas de aisladores, realizando el tendido y el tensado y colocando los accesorios de empalme, conexionado, protección de la avifauna o cualquier otro especificado en el proyecto de la línea aérea de alta tensión.

**CR3.1** Las protecciones sobre carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o cualquier otro elemento de infraestructura se instalan en el sentido del montaje de la línea aérea, dispuestas para soportar el impacto de cualquier cable que pudiera caer sobre ellas y señalizando el entorno con indicaciones de: obras, peligro y limitaciones de velocidad, entre otras.

**CR3.2** Las herramientas -llaves dinamométricas, tenazas de corte de cable, sistema de tendido de conductores, equipo para empalme por cuña a presión, entre otros- y equipos de protección colectiva e individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de

sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y las características del trabajo.

**CR3.3** Las bobinas, herrajes, cadenas de aisladores y accesorios -fijaciones, amarres, antivibradores, salvapájaros, entre otros-, se acopian a lo largo del trazado de la línea aérea, utilizando como soporte vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora-, evitando zonas inundables, de fácil incendio, daños al entorno vegetal y el desplazamiento o deslizamiento del propio terreno.

**CR3.4** Los aisladores y cadenas de aisladores se ubican respetando la distancia de aislamiento indicada en la documentación del fabricante del apoyo -por contaminación, por sobretensión temporal o transitoria-, fijando los herrajes provistos de sus pasadores, arandelas planas y de presión, quedando en su posición definitiva exentos de polvo, barro o cualquier otro tipo de suciedad.

**CR3.5** Los medios de comunicación con otros operarios y con la persona responsable se utilizan, de manera que se transmitan instrucciones para paralizar el tiro de los conductores o el montaje de elementos si cualquier circunstancia -climatología, accidentes, previsión de errores o daños- lo requiere.

**CR3.6** Los conductores activos y el cable de guarda se tienden teniendo en cuenta las longitudes y particularidades de cada cantón -existencia de árboles, autovía, vía férrea, sequedad del suelo, barro, entre otros-,

- Elevándolos mediante sistemas como alzabobinas, frenadora, tractora o poleas de tendido, evitando dañarlos y dejándolos preparados para su tensado,
- Venteando los apoyos antes del tensado de los conductores, mediante dados de hormigón anclados al terreno, anclajes de peso muerto o tendiendo y elevando parcialmente los conductores del cantón siguiente,
- Tensando y regulando los conductores según la temperatura ambiente, velocidad del viento y posibilidad de hielo,
- Consiguiendo la catenaria y flecha especificada en el proyecto de la línea de alta tensión,
- Inmovilizando el conductor con cuerdas o elementos de retención -técnica de sujeción por pinza y cuña, sistema de grapa con tornillería, conjunto de amarre preformado, entre otros- para no dañar al cable antes del engrapado, si es desnudo, o fijarlo en su posición definitiva, si es aislado.

**CR3.7** El conductor se engrapa, aplomando las cadenas de aisladores, fijando el conductor con un par de apriete que garantice presión uniforme de las grapas sobre el mismo, según criterio establecido en las instrucciones del fabricante.

**CR3.8** Los conductores se empalman o conectan mediante unión por cuña a presión, derivación u otras técnicas específicas, utilizando materiales, herramientas y equipos establecidos en el plan de montaje.

**CR3.9** Los antivibradores, contrapesos, balizas, salvapájaros, dispositivos antiescalo u otros accesorios se colocan sobre el propio conductor o en el apoyo, a las distancias y posiciones marcadas en los planos de montaje de la línea aérea de alta tensión.

**RP4:** Instalar los elementos de corte, protección, señalización y telecontrol, para su conexión a los conductores de las derivaciones de la línea aérea de alta tensión o en los entronques aéreos-subterráneos, según su posición y altura de empleo, teniendo en cuenta la seguridad de las personas y equipamientos, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso.

**CR4.1** Las herramientas- llaves de tubo y dinamométricas, útiles para pelado de cable aislado, tenazas, entre otros- y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y las características del trabajo.

**CR4.2** Los seccionadores, interruptores, cortacircuitos fusibles de expulsión, autoválvulas, terminales para cables, entre otros, se acopian en el lugar de montaje, utilizando los recursos y equipos de protección, comprobando que la relación de materiales se corresponde con el pedido solicitado, el estado de su embalaje y la ausencia de daños en los dispositivos.

**CR4.3** Los seccionadores, interruptores automáticos, seccionalizadores, reconectores, y otros elementos de una derivación de la línea aérea se instalan siguiendo las instrucciones del fabricante, colocándolos sobre el apoyo a la altura y distancias de seguridad mínimas, en especial con la línea principal, establecidas en la normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión, asegurando su anclaje, orientación y equilibrado.

**CR4.4** Los elementos del entronque aéreo-subterráneo tales como pararrayos, autoválvulas, órganos de corte de red, cortacircuitos fusibles de expulsión, se montan asegurando su anclaje, orientación y equilibrado, manteniendo las distancias de seguridad mínimas establecidas en la normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión y realizando el pelado del cable aislado para su posterior colocación del terminal.

**CR4.5** Los conductores se acoplan a los elementos de corte, protección y señalización:

- Respetando los pares de apriete especificados en las instrucciones del fabricante,
- Manteniendo las distancias entre los otros elementos del apoyo y entre los conductores de diferentes fases,
- Colocando los terminales en el cable aislado en el entronque aéreo-subterráneo,
- Conectando la puesta a tierra de las autoválvulas y de los terminales de los cables aislados según las especificaciones del proyecto de ejecución.

**CR4.6** Los equipos de telecontrol de las líneas aéreas -detector de paso de falta, cofres de control, elementos con operación remota, antenas- se emplazan en los apoyos de la línea aérea manteniendo la altura y distancias de seguridad mínimas establecidas en la normativa aplicable vinculada a la seguridad de las instalaciones de alta tensión y realizando las conexiones de los cables de datos y la instalación de la puesta a tierra de los equipos de control según la documentación técnica.

**RP5:** Efectuar las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la línea aérea de alta tensión, para garantizar el suministro de energía en condiciones de seguridad, utilizando equipos de medida y ensayo, registrando los resultados o incidencias, bajo la supervisión de la persona responsable.

**CR5.1** El lugar de la obra se limpia:

- Guardando las herramientas, previa limpieza y comprobación de su estado de conservación y funcionamiento,
- Recogiendo los medios de protección y de señalización en sentido inverso al del montaje de la línea aérea,
- Almacenando los residuos generados en su contenedor de forma separada según sean del proceso específico del montaje -aluminio, acero, hormigón, tierras-, procedentes de embalajes de materiales -cartón, plásticos, aparejos- o correspondientes a aparatos eléctricos o electrónicos -RAEE-, atendiendo al plan de gestión de residuos.

**CR5.2** Los equipos de medida y ensayo para las verificaciones -telurómetro de alta frecuencia, medidor de aislamiento por descargas parciales, miliohmímetro, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, medidor de tensiones de paso y contacto-, así como los equipos y

medios de protección individual, se seleccionan asegurando sus prestaciones y vigencia del estado de calibración según las necesidades de la instalación.

**CR5.3** Las inspecciones visuales se efectúan:

- Comprobando las distancias de seguridad con prismáticos,
- Reconociendo las conexiones de puesta a tierra en cada apoyo -sean metálicos o de hormigón armado-,
- Confirmando la identificación de cada torre mediante su número o marca equivalente y el estado de los medios para evitar su escalada, en su caso,
- Detectando objetos extraños en las torres -ramas, maleza o nidos de aves-, retirándolos, en su caso,
- Corroborando la presencia y estado de: señales de aviso de riesgo eléctrico, disuasores de posada, salvapájaros, señalizadores visuales y puentes de unión aislados.

**CR5.4** La instalación de puesta a tierra se ensaya en los apoyos metálicos y de hormigón armado, con un telurómetro o con un instrumento de medida por alta frecuencia, según el caso, justificando que las condiciones y valores reales se encuentran en los rangos aceptables establecidos en el diseño de la línea aérea de alta tensión.

**CR5.5** La medida de tensión de contacto, en su caso, se realiza en los apoyos metálicos y de hormigón armado considerados frecuentados, con un medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 50 A como mínimo, acreditando que las condiciones y valores reales se encuentran en los rangos aceptables establecidos en el proyecto de ejecución de la línea aérea de alta tensión.

**CR5.6** El estado del aislamiento principal y de la cubierta exterior de los cables aislados de alta tensión y puentes de cable se comprueba:

- Mediante tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, para la comprobación del aislamiento principal,
- Mediante corriente continua con un megóhmetro para la cubierta exterior.

**CR5.7** Los dispositivos de corte, protección y señalización presentes -seccionadores, interruptores, sistemas de comunicación, otros-, se prueban funcionalmente, comprobando la secuencia de apertura y cierre, el ciclo de reenganche automático, las alarmas y las señales de comunicación siguiendo las indicaciones del fabricante.

**CR5.8** El informe técnico de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio se cumplimenta utilizando el modelo o la aplicación informática establecidos por la empresa de montaje de la línea eléctrica de alta tensión, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias y modificaciones efectuadas, para su custodia y posterior consulta.

**RP6:** Poner en servicio la línea aérea de alta tensión, para iniciar el suministro de energía con parámetros de calidad, estableciendo las zonas protegidas, verificando los equipos de prueba y las puestas a tierra, conectando la línea y restableciendo las condiciones de funcionamiento, bajo la supervisión de la persona responsable.

**CR6.1** Las fechas y entornos de trabajo para la puesta en servicio de la línea aérea de alta tensión se establecen, solicitando autorización a la empresa propietaria para conectarla a otra línea, a una subestación o a un centro de transformación.

**CR6.2** Las zonas protegidas -de trabajo, de proximidad de tensión, desniveles o por intervenciones en altura- se delimitan estableciendo distancias, barreras y otras condiciones de seguridad, siguiendo el protocolo e instrucciones recibidas, en coordinación con el personal de

seguridad y control implicado, señalizando con carteles de aviso conforme a la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva.

**CR6.3** Los dispositivos y equipos para la puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión, pértigas de maniobra, entre otros- y los equipos de protección colectiva e individual requeridos frente al riesgo eléctrico se verifican comprobando su estado de conservación y su funcionamiento.

**CR6.4** La ausencia de tensión en la línea aérea montada se garantiza utilizando pértigas detectoras de tensión o fusiles lanza cables, entre otros, y asegurando que está conectada la puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores.

**CR6.5** La línea aérea montada se conecta a otra línea de alta tensión, a una subestación o a un centro de transformación mediante equipos de corte y protección -seccionador, interruptor-seccionador, interruptor automático, cortacircuitos fusibles de expulsión-, siguiendo el manual de conexión de cada dispositivo, aplicando las medidas de seguridad para intervenciones en altura.

**CR6.6** El servicio de la línea aérea se restablece, utilizando los equipos de protección colectiva e individual frente al riesgo eléctrico, aplicando las normas de seguridad personal en todas las intervenciones y ejecución de maniobras:

- Desconectando los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito que estuvieran instalados,
- Eliminando los bloqueos y enclavamientos de los elementos de corte y protección,
- Cerrando los seccionadores, interruptores, cortacircuitos fusibles de expulsión y órganos de control de red,
- Midiendo las características de la tensión suministrada por la red -frecuencia, amplitud, forma de onda, simetría de tensiones de línea- y comparando con los valores establecidos en la normativa sobre la calidad de la onda de tensión del suministro eléctrico,
- Retirando los elementos de protección, señalización y delimitación de la zona, como barreras y carteles.

**CR6.7** El informe de entrega y recepción del montaje y puesta en servicio de la línea aérea se cumplimenta recogiendo permisos, informes, homologaciones técnicas y de eficiencia energética, en el formato o aplicación informática establecidos por la empresa propietaria de la instalación.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Grúa Pluma, grúa horquilla, dumper de obra, carretilla y transpaleta elevadora, cabestrantes, frenadora, cable piloto, poleas de tendido, tractel y tirvit, alzapobinas. Herramientas manuales para trabajos mecánicos y eléctricos: llaves dinamométricas, prensas, matrices, herramientas para derivaciones por cuña a presión, tenazas de corte de cable, herramientas para el pelado de cable aislado, mazas, sufrideras. Máquinas para trabajos de mecanizado. Equipo para soldadura aluminotérmica. Cinta métrica, teodolito, estación total, plomada, termómetro. Instrumentos de medida: telurómetro, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, pértiga detectora de tensión, multímetro o tenaza para medida de resistencia, de tensión hasta 500 V y de intensidad hasta 20 A en alterna y continua, ohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A, medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 50 A como mínimo, cámara termográfica, equipo verificador de la continuidad de conductores, prismáticos, equipo de medida de resistencia de tierra por alta frecuencia, equipo para la medida de la resistividad del terreno, medidor de aislamiento por descargas parciales, termómetro, equipo de concordancia de fases, dinamómetro. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Herramientas, equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad, arneses y cinturones

de seguridad, líneas de vida para trabajos en altura y otros. Pértigas de maniobra. Equipo portátil para la puesta a tierra y en cortocircuito. Fusibles lanza cables. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Terminal portátil para la gestión de operaciones previas y la puesta en servicio.

### Productos y resultados

Características de hoyos y zanjas, chequeados. Electroodos y líneas de enlace a tierra, dispuestos. Apoyos para sustentar los conductores y equipos de la línea aérea de alta tensión, montados. Colocación, tendido y tensado de los conductores de la línea aérea de alta tensión, efectuados. Elementos de corte, protección, señalización y telecontrol, instalados. Verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la línea aérea de alta tensión, realizadas. Puesta en servicio de la línea aérea de alta tensión, efectuada.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Estudio de evaluación de impacto ambiental. Documentación técnica del proyecto y plan de montaje. Planos de montaje de apoyos y herrajes. Órdenes y partes de trabajo. Manuales técnicos de fabricantes de equipos, conductores y aparata. Procedimientos de descargo. Solicitud de descargo. Informe de anomalías sobre el proyecto. Informe final sobre el trazado de la instalación. Permiso para retirada de tierras sobrantes. Estadillo donde se indique la cantidad de tierra sobrante. Permiso de trabajo en la instalación afectada. Informe de montaje. Informe técnico de verificaciones y puesta en servicio.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 2

### Efectuar operaciones de montaje de líneas subterráneas de alta tensión

Nivel: 2

Código: UC2563\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Acondicionar las zanjas, arquetas, canales revisables de obra y galerías a lo largo del recorrido de la línea subterránea de alta tensión, para la ubicación de las canalizaciones eléctricas y la puesta a tierra, en su caso, implantando las medidas de seguridad colectiva e individual, teniendo en cuenta el replanteo, así como las dimensiones y características del terreno.

**CR1.1** Las señalizaciones y protecciones de seguridad -barandillas, vallas, topes, carteles de aviso u otras- se sitúan manteniendo su continuidad en todo el perímetro de trabajo para evitar lesiones a personas y animales, dando cumplimiento al plan de seguridad y salud.

**CR1.2** Las dimensiones -anchura, altura y otras- y trazado longitudinal de las excavaciones se revisan examinando su fondo -rasante, nivelación, ausencia de piedras, existencia de cama de apoyo-, distancia entre arquetas y otros-.

**CR1.3** Las características del terreno -profundidad, resistividad, espacio disponible- para la puesta a tierra de galerías se comprueban acreditando la coincidencia entre las condiciones reales y las especificaciones definidas en el proyecto de ejecución de la línea subterránea de alta tensión.

**CR1.4** Los electrodos de puesta a tierra se instalan en la galería:

- Usando cabezas protectoras o con perforación de pozos para electrodos, que eviten golpes en la manipulación de picas, varillas, conductores desnudos, mallas metálicas o placas,
- Realizando los empalmes mediante soldadura aluminotérmica, grapas o piezas de unión por cuña a presión,
- Disponiendo la línea de tierra para su posterior conexión a las estructuras metálicas de la galería.

**CR1.5** La resistencia de puesta a tierra del electrodo de la galería se mide con un telurómetro, registrando el resultado y, en caso de no corresponder al rango de valores establecidos en el diseño de la línea subterránea, revisando de nuevo la colocación de electrodos y sus conexiones.

**RP2:** Emplazar la canalización eléctrica de alta tensión directamente enterrada o entubada, situando tubos y cables en zanjas, para su posterior conexión a los dispositivos de maniobra y protección, evitando daños debidos a golpes, rozaduras, esfuerzos mecánicos de flexión o de tracción, siguiendo la documentación técnica del proyecto.

**CR2.1** Las herramientas -cizalla, maleta de pelado de cable, soportes para izado y rotación de bobinas, guías pasacables, entre otros- y equipos de protección colectiva e individual, en particular para trabajos en zanjas -casco, guantes de protección mecánica, rodilleras, calzado de seguridad, ropa de alta visibilidad- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y

las características del trabajo, manteniéndolos y revisándolos según las instrucciones del fabricante.

**CR2.2** Las bobinas de cable, rodillos, tiras o rollos de tubo, manguitos de unión, soportes, placas de protección y de señalización, entre otros, se acopian a lo largo del recorrido de la línea subterránea, utilizando como soporte vehículos para el manejo mecánico de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora-, evitando pendientes, curvas y puntos de paso difícil -por estrechez, vegetación abundante o existencia de humedad o agua-.

**CR2.3** Los separadores y soportes para tubos se sitúan a lo largo del fondo de la hoya, alineados, nivelados y distribuidos según el peso de la canalización eléctrica.

**CR2.4** Los tubos se ensamblan con manguitos de unión y teniendo en cuenta, en lo posible, el sentido de tiro:

- Disponiendo arquetas en los cambios de dirección y en posiciones intermedias,
- Sujetándolos en la zanja con hormigón, tierra procedente de la propia excavación, gravilla, arena u otro material de relleno granulado exento de partículas gruesas y puntiagudas,
- Dejando un alambre guía en su interior que facilite el amarre de los útiles para limpieza de tubos y posterior tendido.

**CR2.5** Los cables se asientan sobre la base de la zanja o se introducen en los tubos, desplazando toda su longitud sobre los rodillos alineados, nivelados y distribuidos según el peso del cable:

- Limpiando los tubos antes del tendido para evitar taponamientos y roces en su interior,
- Protegiendo los extremos con cinta, capuchones de goma u otros medios similares para evitar la penetración de humedad bajo la cubierta,
- Tirando lentamente de la parte superior de la bobina, que girará sobre un eje, y sincronizando dicho movimiento con un sistema de frenado,
- Evitando dobladuras debidas a curvas o bucles demasiado bruscos, rodillos mal colocados o irregularidades del terreno,
- Marcando, agrupando y sujetando los conductores y circuitos con bridas, soportes o grapas, en particular en la proximidad de subestaciones y de centros de transformación.

**CR2.6** La protección mecánica y señalización se dispone por encima de la canalización de alta tensión, en todo su recorrido, durante el tapado de la zanja.

**CR2.7** La conversión de la línea subterránea a aérea o viceversa -entronque- se efectúa, protegiendo la subida del cable subterráneo hasta la línea aérea con un tubo o canal cerrado y obturado por la parte superior.

**CR2.8** Los cables de la canalización eléctrica se conectan con los dispositivos de maniobra o protección de la línea subterránea de alta tensión, entubada o directamente enterrada, situados en una subestación, centro de transformación o entronque, mediante kits terminales ensamblados según su manual en lo relativo a pelado de cables, limpieza y montaje del propio kit.

**RP3:** Montar bandejas, soportes y otros elementos en galerías y canales revisables de obra, para construir la canalización eléctrica de alta tensión, poniendo a tierra las partes metálicas, asentando los cables y conectando sus extremos mediante kits terminales, siguiendo la documentación técnica del proyecto.

**CR3.1** Las herramientas -taladro, sierra o radial para metal, nivel láser, cizalla y maleta de pelado de cable- y equipos de protección colectiva o individual -casco, guantes de protección mecánica, rodilleras, calzado de seguridad y gafas de protección ocular- se seleccionan teniendo en cuenta la zona de intervención y las características del trabajo.

**CR3.2** Las bobinas de cable, bandejas, soportes transversales para cables, placas de protección y de señalización y palomillas, se acopian a lo largo del recorrido de la línea subterránea,

utilizando como soporte vehículos para el manejo mecánico de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora- evitando pendientes, curvas y puntos de paso difícil -por estrechez, vegetación abundante o existencia de humedad o agua-.

**CR3.3** Las bandejas y soportes transversales de galerías se ensamblan con los accesorios dispuestos por el fabricante -tramo recto, unión, ángulo plano, curva exterior o interior, entre otros-:

- Haciendo las uniones y poniendo las sujeciones de las bandejas manteniendo su capacidad de carga,
- Colocando los soportes transversales, en su caso, próximos entre sí para que los cables no cuelguen,
- Conectando las partes metálicas a la red de tierra de la galería,
- Fijándolas a la pared de forma segura y estable.

**CR3.4** Los rodillos para el tendido de cables se sitúan en el acceso e interior de la galería, en todo el recorrido de la canalización de alta tensión, alineados, nivelados y distribuidos según el peso del cable.

**CR3.5** Los cables se asientan sobre las bandejas y soportes transversales, tirando lentamente de la parte superior de la bobina, que girará sobre un eje, y sincronizando dicho movimiento con un sistema de frenado:

- Protegiendo los extremos con cinta, capuchones de goma u otros medios similares para evitar la penetración de humedad bajo la cubierta,
- Desplazando los cables sobre los rodillos,
- Evitando golpes, rozaduras, esfuerzos mecánicos por tracción o cualquier daño debido a la manipulación, así como dobladuras por curvas o bucles demasiado bruscos, rodillos mal colocados o irregularidades del terreno,
- Evitando que los cables se carguen eléctricamente durante el tendido por efectos de inducción con otros cables próximos, mediante su conexión a tierra,
- Disponiendo los cables paralelos a su estructura de soporte y trasladándolos después a su posición definitiva, bajo las órdenes de la persona responsable.
- Marcando los conductores -designación del circuito, valores de tensión, distribuidora eléctrica propietaria-, agrupándolos y sujetándolos con bridas o grapas en todo el recorrido de la canalización.

**CR3.6** Los cables de la línea subterránea de alta tensión de la galería o canal revisable de obra se conectan con los dispositivos de maniobra o protección situados en una subestación o centro de transformación, mediante kits terminales ensamblados según su manual en lo relativo a pelado de cables, limpieza y montaje del propio kit.

**RP4:** Efectuar las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión, para garantizar el suministro de energía en condiciones de seguridad, utilizando equipos de medida y ensayo, registrando los resultados o incidencias, bajo la supervisión de la persona responsable.

**CR4.1** Los equipos de medida y ensayo para las verificaciones -telurómetro, medidor de tensiones de paso y contacto y de resistencia con fuente de intensidad de 50 A, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, miliohmímetro, medidor de continuidad y otros-, así como los equipos y medios de protección individual, se seleccionan en función del nivel de tensión, aseverando sus prestaciones y vigencia del estado de calibración según las necesidades de la instalación.

**CR4.2** El lugar de la obra se limpia:

- Guardando las herramientas, previa limpieza y comprobación de su estado de conservación y funcionamiento,
- Recogiendo medios de protección y de señalización en sentido inverso al del montaje de la línea subterránea,
- Almacenando los residuos generados en su contenedor de forma separada según sean del proceso específico del montaje -aluminio, acero, hormigón, tierras- o procedentes de embalajes de materiales -cartón, plásticos, aparejos-, atendiendo al plan de gestión de residuos.

**CR4.3** La línea subterránea de alta tensión se inspecciona:

- Comprobando las distancias de seguridad -cruzamientos, proximidades, paralelismos-,
- Confirmando la existencia de líneas de enlace a tierra, puntos de puesta a tierra, conexiones equipotenciales de pantallas de cables, armaduras y partes metálicas, especialmente en galerías,
- Constatando el estado externo de los cables, de sus sujeciones -bandejas, soportes, palomillas- y accesorios -empalmes, terminaciones y derivaciones-,
- Confrontando los radios de curvatura de los cables en los cambios de dirección del trazado,
- Corroborando el estado de los tubos o canales de protección de los cables en las conversiones aéreo-subterráneas y su sellado en el interior de las arquetas o registro de zanjas,
- Reconociendo la identificación y señalización de las canalizaciones -conductores, circuitos, valores de tensión, propietario, entre otros-, especialmente en galerías.

**CR4.4** La instalación de puesta a tierra de galerías -resistencia de electrodo y continuidad de pantallas metálicas de los cables y de conexiones equipotenciales- se ensaya, con un telurómetro o con un instrumento de medida de resistencia por inyección de corriente de alta intensidad, según el caso, justificando que las condiciones y valores reales se encuentran en los rangos aceptables establecidos en el diseño de la línea subterránea de alta tensión.

**CR4.5** La tensión de contacto y, en su caso, la de paso se mide, acreditando que la situación real está dentro del rango aceptado en la normativa de aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

**CR4.6** El estado del aislamiento principal y de la cubierta exterior de los cables aislados de la línea subterránea de alta tensión se comprueba:

- Mediante tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, para la comprobación del aislamiento,
- Mediante corriente continua con un megóhmetro para la comprobación de la cubierta.

**CR4.7** El informe técnico de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión se cumplimenta, utilizando el modelo o aplicación informática establecidos por la empresa de montaje de la línea, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias y modificaciones efectuadas, para su custodia y posterior consulta.

**RP5:** Poner en servicio la línea subterránea de alta tensión, para proceder al suministro de energía con parámetros de calidad, estableciendo las zonas protegidas, verificando los equipos de prueba y las puestas a tierra, conectando la línea y restableciendo las condiciones de funcionamiento, bajo la supervisión de la persona responsable.

**CR5.1** Las fechas y entornos de trabajo para la puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión se establecen, solicitando autorización a la empresa propietaria para conectarla a otra línea, a una subestación o a un centro de transformación.

**CR5.2** Las zonas protegidas -de trabajo, de proximidad de tensión, desniveles, accesos a galerías- se delimitan estableciendo distancias, barreras y otras condiciones de seguridad, siguiendo el protocolo de actuación en coordinación con el personal de seguridad y control, y

señalizando con carteles de aviso conforme a la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva.

**CR5.3** Los dispositivos y equipos para la puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión, pértigas de maniobra, entre otros- y los equipos de protección colectiva e individual frente al riesgo eléctrico se revisan, comprobando su estado de conservación y su funcionamiento.

**CR5.4** La ausencia de tensión en la línea subterránea montada se garantiza utilizando dispositivos detectores y asegurando la puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores.

**CR5.5** La línea subterránea montada se conecta a otra línea de alta tensión, a una subestación o a un centro de transformación, mediante equipos de corte y protección -seccionador, interruptor seccionador, interruptor automático-, siguiendo el manual de conexión de cada dispositivo.

**CR5.6** El servicio de la línea subterránea se restablece, bajo supervisión de la persona responsable, utilizando los equipos de protección colectiva e individual frente al riesgo eléctrico, aplicando las normas de seguridad personal en todas las intervenciones y ejecución de maniobras:

- Desconectando los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito que estuvieran instalados,
- Eliminando los bloqueos y enclavamientos que pudieran existir en los elementos de corte y protección,
- Cerrando los seccionadores, interruptores, cortacircuitos fusibles de expulsión, órganos de control de red, entre otros,
- Midiendo con un analizador de redes las características de la tensión suministrada por la red - frecuencia, amplitud, forma de onda, simetría de tensiones de línea- y comparándolas con los valores establecidos en la normativa sobre calidad de suministro eléctrico.
- Retirando los elementos de protección, señalización y delimitación de la zona, como barreras y carteles.

**CR5.7** El informe de entrega y recepción del montaje y puesta en servicio de la línea subterránea se cumplimenta recogiendo permisos, informes, homologaciones técnicas y de eficiencia energética, en el formato o aplicación informática establecidos por la empresa propietaria de la instalación.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Grúa Pluma, grúa horquilla, dumper de obra, carretilla y transpaleta elevadora, cabestrantes, frenadora, alzabobinas, rodillos de tendido de cables, guías pasacables. Herramientas manuales para trabajos mecánicos y trabajos eléctricos. Llaves dinamométricas. Máquinas para trabajos de mecanizado. Prensas, matrices, herramientas para derivaciones por cuña a presión. Tenazas de corte de cable. Herramientas para el pelado de cable aislado. Equipo para soldadura aluminotérmica. Mazas y sufrideras. Cinta métrica, teodolito, estación total, nivel láser. Instrumentos de medida: telurómetro, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, pértiga detectora de tensión, multímetro o tenaza para medida de resistencia, de tensión hasta 500 V y de intensidad hasta 20 A en alterna y continua, ohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A, medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 50 A como mínimo, cámara termográfica, equipo verificador de la continuidad de conductores, equipo de medida de resistencia de tierra por alta frecuencia, equipo para la medida de la resistividad del terreno, medidor de aislamiento por descargas parciales, termómetro, equipo de concordancia de fases, dinamómetro. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Herramientas, equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas. Pértigas de maniobra. Equipo portátil para la puesta a

tierra y en cortocircuito. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación. Terminal portátil para la gestión de operaciones previas y la puesta en servicio.

### Productos y resultados

Zanjas, arquetas, canales revisables de obra y galerías a lo largo del recorrido de la línea subterránea de alta tensión, acondicionados. Canalización eléctrica de alta tensión directamente enterrada o entubada, o en galerías y canales revisables de obra, montada. Verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión, realizadas. Puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión, efectuada.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Estudio de evaluación de impacto ambiental. Documentación técnica del proyecto y plan de montaje. Órdenes y partes de trabajo. Manuales técnicos de fabricantes de equipos, conductores, aparataje y kit de terminaciones, derivaciones y empalmes. Procedimientos de descargo. Solicitud de descargo. Informe de anomalías sobre el proyecto. Informe final sobre el trazado de la instalación. Permiso para retirada de tierras sobrantes. Estadillo donde se indique la cantidad de tierra sobrante. Permiso de trabajo en la instalación afectada. Informe de montaje. Informe técnico de verificaciones y puesta en servicio.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 3

### Realizar operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión

Nivel: 2

Código: UC2564\_2

Estado: Tramitación BOE

#### Realizaciones profesionales y criterios de realización

**RP1:** Establecer los procedimientos y técnicas de mantenimiento sobre la línea de alta tensión -aérea o subterránea-, bajo supervisión de la persona responsable, mediante el reconocimiento de sus elementos, características y configuración, cumpliendo los criterios técnicos de utilización de la apartamentada según las prescripciones de los fabricantes.

**CR1.1** El acceso a la zona de intervención de la línea de alta tensión y su entorno se solicita al titular de la instalación, accediendo al mismo una vez concedida la autorización formal, respetando las servidumbres de paso.

**CR1.2** El trazado y los esquemas eléctricos de la línea de alta tensión se requieren al titular de la instalación, obteniendo la situación de la apartamentada de maniobra y protección -seccionadores, órganos de corte de red, reconectores- y distinguiendo otros aspectos relevantes, como derivaciones de red, entronques aéreos subterráneos y realimentaciones.

**CR1.3** El tipo de línea de alta tensión, aérea o subterránea, así como sus particularidades -tensión nominal, distancias de seguridad con otras instalaciones, zona de suministro eléctrico afectada ante un corte de tensión-, se reconocen a partir de la documentación técnica del titular, determinando el tipo de operación a realizar: sin tensión, en proximidad o con tensión.

**CR1.4** Los elementos de maniobra de la línea de alta tensión se localizan en la zona de intervención -subestación, centro de transformación, apoyos con apartamentada de maniobra o protección-, comprobando visualmente su estado de conservación, así como los carteles, sinópticos, y otras informaciones disponibles sobre ellos, confirmando que coinciden con las características indicadas en los esquemas unifilares.

**CR1.5** Los sistemas de bloqueos disponibles, así como enclavamientos eléctricos y mecánicos involucrados en la línea de alta tensión, se revisan a partir de los esquemas y elementos de señalización, ratificando que coinciden con la información disponible en la documentación de servicio y que funcionan según sus características de maniobrabilidad.

**CR1.6** Los equipos de seguridad y emergencia de las instalaciones fijas en subestaciones y centros de transformación -banqueta aislante, guantes aislantes, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, equipo de respiración artificial- y los equipos móviles -equipo portátil de puesta a tierra y en cortocircuito, pértigas detectoras de tensión, pértigas de maniobra, arneses, líneas de vida- se localizan en sus locales o vehículos móviles, comprobando el estado de conservación y que no han sobrepasado su fecha de caducidad.

**CR1.7** El procedimiento de trabajo sin tensión, en proximidad o con tensión se redacta, describiendo las sucesivas etapas y maniobras que deben llevarse a cabo teniendo en cuenta las características de la línea, seleccionando las medidas de protección individual y colectiva y definiendo las situaciones en las que se interrumpirán las operaciones por condiciones atmosféricas adversas o necesidades de suministro.

**RP2:** Efectuar las operaciones previas para trabajar sin tensión, en proximidad o con tensión en operaciones de mantenimiento sobre una línea eléctrica de alta tensión, para garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, siguiendo los procedimientos de descargo y delimitación de zonas de trabajo, de peligro o proximidad, bajo supervisión de la persona responsable, en su caso.

**CR2.1** El corte de todas las fuentes de alimentación, para trabajos sin tensión, se realiza, mediante los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, comprobando que sea visible o efectivo y, en este caso, por medio de la señalización del indicador de posición del elemento utilizado, asegurando que no se producen realimentaciones -líneas en anillo, grupos electrógenos, baterías de condensadores-.

**CR2.2** Los dispositivos de corte y de maniobra -interruptores automáticos, interruptores-seccionadores, cortacircuitos fusibles de expulsión-, para trabajos sin tensión, se bloquean:

- Evitando cualquier posible reconexión en todos los modos de maniobra que existan -local, remota y a distancia-,
- Manteniéndolos en la posición de abierto y señalizando mediante carteles o etiquetas la prohibición de maniobrarlos,
- Mostrando visiblemente fecha y hora del bloqueo, así como forma y procedimiento de contacto con la persona responsable de la desconexión,
- Desactivando, si las hubiera, las fuentes de energía auxiliar de los mismos.

**CR2.3** La ausencia de tensión, para trabajos sin tensión, se comprueba en todos los elementos activos de la instalación y en cada uno de los conductores separados de las fuentes de tensión y ubicados a partir del punto de aislamiento:

- Utilizando los equipos de protección individual y colectiva: guantes, gafas de protección, calzado dieléctrico, alfombras o banquetas aislantes,
- Teniendo en cuenta las distancias de seguridad, tanto en planta como en altura,
- Verificando la tensión mediante un equipo o pértiga detectora de ausencia de tensión, con un rango de funcionamiento en función del tipo de la línea,
- Comprobando el funcionamiento del dispositivo verificador, antes y después de su utilización.

**CR2.4** La puesta a tierra y en cortocircuito de las instalaciones, para trabajos sin tensión, se ejecuta:

- Cerrando el seccionador de puesta a tierra en aquellas zonas que disponen del mismo,
- Colocando equipos de puesta de tierra y en cortocircuito portátiles en el caso de conductores o aparatos que no dispongan de sistemas fijos,
- Conectando en primer lugar el conductor a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra, siendo visibles desde la zona de intervención,
- Asegurando que permanezcan correctamente conectadas durante el tiempo en que se realizan las tareas,
- Colocando, en líneas aéreas de alta tensión, la puesta a tierra y en cortocircuito a ambos lados de la zona de actuación.

**CR2.5** La zona de trabajo para intervenciones sin tensión se delimita mediante cintas, carteles, cadenas u otros elementos de señalización de seguridad, protegiéndola frente a elementos próximos en tensión, si los hubiera, mediante barrera física o envolventes, aplicando las distancias mínimas de seguridad para las zonas de peligro y de proximidad.

**CR2.6** Las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión se implementan, bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable:

- Identificando los elementos en tensión y reduciendo su número,

- Colocando pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes a los elementos de tensión próximos cuyas características -mecánicas y eléctricas- garanticen su eficacia protectora,
- Delimitando la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro,
- Manteniendo las distancias mínimas de seguridad ante los elementos en tensión,
- Cumpliendo los requisitos adicionales aplicables en materia de protección frente a riesgos eléctricos -acceso a recintos de servicio y envolventes de material eléctrico, obras en las que se produzcan movimientos de equipos en la cercanía de líneas aéreas y subterráneas.

**CR2.7** Las condiciones de seguridad en la zona de trabajo, para operaciones en tensión, se fijan, bajo la dirección y vigilancia de la persona responsable.

- Señalizándola y delimitándola físicamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión,
- Recubriendo las partes activas o masas con medidas materiales como pantallas, cubiertas o vainas, a fin de evitar el contacto accidental con cualquier otro elemento a potencial distinto al propio.
- Seleccionando las medidas de protección colectiva y los equipos de protección individual, teniendo en cuenta las características del trabajo y en particular la tensión de servicio, revisándolos según las instrucciones del fabricante,
- Manteniendo un apoyo sólido y estable que permita tener las manos libres y en condiciones de visibilidad para poder realizar la intervención,
- Escogiendo, para cada método de trabajo, herramientas específicas como cabezas desconectadoras para manipulación de herrajes o cepillo para limpieza de conductores, acopladas al extremo de pértigas aislantes o barquilla aislante, entre otras.
- Teniendo en cuenta las condiciones ambientales o climáticas desfavorables que puedan determinar la interrupción de las operaciones.

**RP3:** Realizar operaciones de mantenimiento preventivo sobre los elementos constitutivos de la línea aérea de alta tensión, tales como apoyos, conductores, aisladores, órganos de corte de red, autoválvulas, red de tierra y otros, para garantizar su disponibilidad y funcionalidad, una vez determinados los procedimientos y efectuadas las operaciones previas de seguridad y señalización, siguiendo los protocolos establecidos en el plan de mantenimiento y las especificaciones técnicas de los fabricantes.

**CR3.1** Las herramientas, y equipos de protección colectiva o individual -gafas, escaleras aislantes, pértigas aislantes, elementos de seguridad para trabajos en altura, arneses, eslingas, casco con barboquejo, líneas de vida-, y los equipos de medida -telurómetro de alta frecuencia, miliohmímetro, pértiga detectora de tensión, cámara termográfica, medidor de tensiones de paso y contacto- se seleccionan, a partir de los listados definidos en el plan de mantenimiento, verificando las hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad y su estado según la periodicidad establecida por el fabricante.

**CR3.2** El tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- se determina para cada operación, a partir de las informaciones obtenidas en las operaciones previas, siguiendo el plan de mantenimiento y cumpliendo la periodicidad de las inspecciones y verificaciones.

**CR3.3** Las distancias de seguridad internas -entre conductores y de los conductores al apoyo-, las externas de la línea -a edificios, terreno, caminos, obras, nuevas infraestructuras o de obras- y los cruzamientos y paralelismos -a otras líneas aéreas, a líneas de telecomunicación, a carreteras, ferrocarriles, tranvías, trolebuses, teleféricos, ríos, canales navegables, bosques o zonas de arbolado- se miden utilizando equipos como teodolito, medidor de distancia láser o de ultrasonidos y ratificando que no se han modificado los requisitos exigidos en normativa de

aplicación sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

**CR3.4** La presencia y características de las conexiones de puesta a tierra en los apoyos metálicos y de hormigón armado se comprueban visualmente acreditando la continuidad del circuito de puesta a tierra del apoyo y la ausencia de signos de corrosión, especialmente en su parte baja donde está expuesto a alteración por golpes, roces o por robo y vandalismo, reparándolo en su caso.

**CR3.5** Las inspecciones visuales a nivel del suelo se realizan:

- Comprobando las cimentaciones de cada apoyo -deterioro o rotura- y, en los que son frecuentados, los medios que evitan su escalada,
- Retirando, en su caso, objetos extraños en las torres -ramas, maleza, nidos de aves- con herramientas específicas para trabajos en tensión a distancia -pértigas aisladas-,
- Identificando los apoyos mediante su número o marca equivalente y la presencia de las señales de aviso de riesgo eléctrico, colocándolas de nuevo en caso de ausencia o deterioro,
- Revisando el estado de las canalizaciones y sujeción de los cables aislados en los apoyos con entronque aéreo-subterráneo,
- Efectuando la limpieza de las zonas de paso de la línea aérea, mediante la poda de arbolado, limpieza de maleza y ramas en proximidad, con objeto de preservar las distancias de seguridad.

**CR3.6** Las verificaciones visuales a distancia se efectúan mediante prismáticos o cámaras de video estándar -desde helicóptero o vehículos aéreos tripulados remotamente, SARP-, registrando en este caso las imágenes y comentarios para su posterior análisis:

- Detectando, en su caso, signos de corrosión en las conexiones del circuito de puesta a tierra, en el hilo de guarda, en los conductores de fase o en los apoyos metálicos, crucetas y herrajes,
- Comprobando la rotura de elementos o partes de la estructura del apoyo, la presencia de alambres rotos en los conductores de fase o cables de tierra, el estado de las grapas de amarre, de los elementos de empalme, separadores, antivibradores, de los puentes flojos y botellas terminales,
- Revisando el estado de los aisladores -rotura, perforación, fogueado o limpieza- para una reparación posterior o limpiándolos con agua desmineralizada a presión, en su caso.
- Verificando la conservación y limpieza de los elementos de corte, protección y señalización de la línea aérea -seccionadores, autoválvulas, interruptores, fusibles cortacircuitos de expulsión, reconectores-.
- Examinando el estado de conservación de los disuadores de posada, salvapájaros, señalizadores visuales, y demás dispositivos instalados en las zonas de protección de la avifauna, para una sustitución posterior, en su caso.

**CR3.7** Los puntos calientes a lo largo de la línea y en las conexiones de elementos de corte y protección se detectan mediante termómetro láser o cámara termográfica -desde helicóptero o vehículos aéreos tripulados remotamente, SARP-, registrando los parámetros de temperatura e imágenes térmicas para su posterior análisis.

**CR3.8** Los ensayos se realizan:

- Midiendo la continuidad y resistencia del circuito de puesta a tierra de los apoyos con un telurómetro y justificando que las condiciones y valores reales de la instalación se encuentran en los rangos aceptables establecidos en el plan de mantenimiento,
- Determinando la tensión de contacto y, en su caso, la de paso, en los apoyos frecuentados y en todos aquellos que no tengan desconexión automática de la protección, asegurando que las condiciones y valores reales obtenidos se ajustan a lo establecido en el plan de mantenimiento.

**CR3.9** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento sobre los elementos constitutivos de la línea aérea de alta tensión, tales como apoyos, conductores, aisladores, órganos de corte de red, autoválvulas, red de tierra y otros se cumplimenta, utilizando el modelo o aplicación informática establecidos por la empresa propietaria, incorporando el

resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**RP4:** Realizar operaciones de mantenimiento preventivo en cables, arquetas, galerías, soportes, red de tierra y otros elementos de la línea subterránea de alta tensión, para garantizar su disponibilidad y funcionalidad, una vez determinados los procedimientos y efectuadas las operaciones previas de seguridad y señalización, siguiendo los protocolos establecidos en el plan de mantenimiento, las especificaciones técnicas de los fabricantes.

**CR4.1** Las herramientas, y equipos de protección colectiva o individual -herramienta aislada, guantes aislados, alfombra aislada, casco, pértigas aislantes-, y los equipos de medida - telurómetro, miliohmímetro, medidor de aislamiento de, al menos, 10 kV, pértiga detectora de tensión, cámara termográfica, medidor de tensiones de paso y contacto y de resistencia con fuente de intensidad de 50 A, medidor de continuidad- se seleccionan, a partir de los listados definidos en el plan de mantenimiento, verificando las hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad y su estado según la periodicidad establecida por el fabricante.

**CR4.2** El tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- se determina para cada operación, a partir de las informaciones obtenidas en las operaciones previas, siguiendo el plan de mantenimiento y aplicando la periodicidad de las inspecciones y verificaciones.

**CR4.3** La señalización de las canalizaciones -conductores, circuitos, tensiones, propietario-, así como la presencia de señales de aviso de riesgo eléctrico se comprueba, especialmente en galerías, a partir de la documentación y planos de la instalación, reponiéndolas en su caso.

**CR4.4** El estado de líneas de enlace a tierra, puntos de puesta a tierra, conexiones equipotenciales de pantallas de cables, armaduras y partes metálicas, especialmente en galerías, así como el sellado de los tubos en el interior de las arquetas o registro de zanjas, se verifica mediante inspección visual, identificando las deficiencias a fin de planificar su reparación.

**CR4.5** El interior de zanjas, canalizaciones, galerías o arquetas se revisa:

- Chequeando el estado externo de los cables, así como de sujeciones y accesorios -empalmes y terminaciones-,
- Comprobando la conservación de las fijaciones a la pared de bandejas, soportes y palomillas,
- Evidenciando la presencia, en su caso, de animales.

**CR4.6** Los medios de protección de los cables en las conversiones aéreo-subterráneas -tubos, obturaciones- se reconocen visualmente registrando las deficiencias, procediendo, en su caso, a la reparación.

**CR4.7** Los ensayos se realizan:

- Detectando puntos calientes en los conductores o sus conexiones mediante cámara termográfica,
- Midiendo la resistencia y la continuidad del circuito de tierra y de las conexiones de equipotencialidad -bandejas, barandillas, pantalla de los cables, tuberías, suelos metálicos de galerías- a lo largo del cable tendido, con ohmímetro,
- Midiendo la continuidad y la resistencia de la pantalla de los cables,
- Detectando los cambios en la tensión de contacto y, en su caso, en la de paso en galerías, cuando se ha modificado el sistema de cable -por disminución de la resistividad superficial del suelo de la galería o presencia de nuevos elementos metálicos accesibles- que pueda afectar a estos valores,
- Analizando la resistencia del aislamiento principal del cable mediante el ensayo de tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales,

- Probando la rigidez dieléctrica de la cubierta según procedimiento establecido en documentos normativos estandarizados.

**CR4.8** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento preventivo sobre cables, arquetas, galerías, soportes, red de tierra y otros elementos de la línea subterránea de alta tensión se cumplimenta, utilizando el modelo o aplicación informática establecidos por la empresa propietaria, incorporando el resultado de las revisiones, los posibles defectos, incidencias, modificaciones efectuadas y recomendaciones de mejora.

**RP5:** Efectuar operaciones de mantenimiento correctivo en elementos y equipos de la línea de alta tensión, tanto aérea como subterránea, en defectos o averías surgidos de manera imprevista, para restablecer su operatividad, una vez determinados los procedimientos y efectuadas las operaciones previas de seguridad y señalización, acometiendo las reparaciones o la sustitución de materiales o equipos y verificando los resultados de la intervención efectuada, atendiendo requisitos de manipulación de gases fluorados, en su caso.

**CR5.1** La disfunción o avería de los elementos de la línea de alta tensión se detecta a través de los síntomas o los efectos que produce -pérdida de suministro, sobrecalentamiento visible o por termografía, señales en el sistema de telecontrol, incendio, activación de alarmas técnicas- informando de la misma al responsable de la instalación.

**CR5.2** La avería detectada se diagnostica para determinar su tipo -mecánico, eléctrico, química-, gravedad, la causa original del defecto y los elementos afectados, consultando el registro de averías, realizando medidas o ensayos, en su caso, de los parámetros característicos -voltaje, temperatura, distancias- en los puntos dañados y comparándolos con los valores esperados.

**CR5.3** El tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- se determina para cada operación según la complejidad o gravedad del fallo y las posibilidades de corte de suministro, siguiendo el plan de mantenimiento y estableciendo posibles soluciones, bajo la supervisión o intervención de la persona responsable.

**CR5.4** Las herramientas -cizalla, equipos de pelado de cables, útiles para realización de empalmes, kits de conexión- y los equipos de protección colectiva e individual -herramienta aislada, guantes aislados, alfombra aislada, pértigas aislantes- se seleccionan, a partir de los listados definidos en el plan de mantenimiento según el tipo de reparación, verificando las hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad y su estado según la periodicidad establecida por el fabricante.

**CR5.5** El elemento averiado se repara -por arreglo o sustitución- tomando como referencia los esquemas disponibles, siguiendo la secuencia establecida en la información del fabricante y en el plan de mantenimiento y, en caso de sustitución, desmontándolo -junto a otros componentes si fuera necesario- y montando el nuevo elemento en su lugar -cambio de cadena de aisladores o autoválvulas, sustitución de los distanciadores de los conductores-, utilizando los equipos de protección colectiva e individual.

**CR5.6** Los cables deteriorados o cortados de la línea aérea, se sustituyen en todo el cantón afectado, realizando los empalmes en el puente flojo del apoyo de anclaje mediante equipos de conexión por cuña a presión, siguiendo las instrucciones de los fabricantes y asegurando que mantienen sus propiedades eléctricas y mecánicas, bajo supervisión de la persona responsable, utilizando los equipos de protección colectiva e individual, en particular para trabajos en altura.

**CR5.7** Los cables deteriorados de la línea subterránea se reparan -mediante arreglo o sustitución-:

- Localizando el punto de la avería y su profundidad mediante un equipo radar o de ultrasonidos,

- Procediendo a la apertura de la zanja, una vez tramitada la autorización e implementadas las medidas de protección y seguridad,
- Realizando los empalmes en caso de perforación o defecto puntual, o sustituyendo los cables si el deterioro se manifiesta en tramos amplios, bajo criterio y supervisión de la persona responsable.

**CR5.8** Los elementos reparados o sustituidos, tanto en línea aérea como subterránea, se comprueban en sus aspectos mecánicos, distancias mínimas, medidas de aislamiento, continuidad, temperatura, fijación, resistencia y continuidad de la toma de tierra, tensiones de paso y contacto, entre otras, asegurando que se recuperan las prestaciones originales de la línea, utilizando para cada dispositivo el procedimiento establecido por el fabricante o reflejado en el plan de mantenimiento.

**CR5.9** El elemento reparado o sustituido se pone en servicio, una vez recibida la autorización del titular de la instalación, según el tipo de trabajo realizado:

- Quitando la puesta a tierra y en cortocircuito, eliminando los bloqueos y reponiendo la tensión, para trabajos sin tensión,
- Retirando los equipos de trabajo utilizados en la operación realizada, para trabajos en tensión - a potencial o a distancia- y en proximidad,
- Recogiendo los elementos de protección, señalización y delimitación de la zona -barreras, carteles-, siguiendo en todo caso el protocolo establecido en el plan de mantenimiento.

**CR5.10** El informe técnico de las operaciones de mantenimiento correctivo efectuadas en elementos y equipos de la línea de alta tensión se cumplimenta, utilizando el modelo o aplicación informática establecidos por la empresa de mantenimiento para el registro de incidencias de la línea de alta tensión, incorporando el resultado de las operaciones o modificaciones realizadas, para su custodia y posteriores consultas.

## Contexto profesional

### Medios de producción

Herramientas manuales para trabajos mecánicos y eléctricos: llaves dinamométricas, prensas, matrices, herramientas para derivaciones por cuña a presión, tenazas de corte de cable, herramientas para el pelado de cable aislado, mazas, sufrideras y otras. Máquinas para trabajos de mecanizado. Equipo para soldadura aluminotérmica. Cinta métrica, teodolito, estación total, nivel láser, termómetro. Instrumentos de medida: telurómetro, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, pértiga detectora de tensión, multímetro o tenaza para medida de resistencia, de tensión hasta 500 V y de intensidad hasta 20 A en alterna y continua, ohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A, medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 50 A como mínimo. Cámara termográfica. Equipo verificador de la continuidad de conductores. Prismáticos. Equipos de medida de la resistencia de tierra. Medidor de aislamiento por descargas parciales. Equipo radar o de ultrasonidos para localización de averías en cables subterráneos, equipo de concordancia de fases, dinamómetro. Equipos relacionados con la manipulación de gases fluorados: detección, medida de presión, toma de muestras, extracción o recuperación. Equipos y medios de protección colectiva e individual, tales como casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad, arneses y cinturones de seguridad, líneas de vida para trabajos en altura y otros. Pértigas de maniobra. Equipo portátil para la puesta a tierra y en cortocircuito. Fusibles lanza cables. Herramientas informáticas para la elaboración de documentación.

### Productos y resultados

Procedimientos y técnicas de mantenimiento de aplicación en la línea de alta tensión, establecidos. Operaciones previas para trabajar sin tensión, en proximidad o con tensión en operaciones de mantenimiento sobre la línea de alta tensión, efectuadas. Operaciones de mantenimiento preventivo

sobre los elementos constitutivos de la línea de alta tensión, aplicadas. Operaciones de mantenimiento correctivo en elementos y equipos de la línea de alta tensión, efectuadas.

### Información utilizada o generada

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Normativa sobre comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. Manuales técnicos de fabricantes de equipos, conductores, aparamenta y kit de terminaciones, derivaciones y empalmes. Procedimientos de descargo. Solicitud de descargo. Permiso de trabajo en la instalación afectada. Informe de montaje. Informe técnico de verificaciones y puesta en servicio. Fichas y documentación para el mantenimiento: hojas de ciclo de vida de los equipos, procedimientos para la realización de pruebas, históricos de averías y otros. Órdenes y partes de trabajo. Manuales de operación y mantenimiento de los equipos.

## MÓDULO FORMATIVO 1

### Montaje de líneas aéreas de alta tensión

Nivel:	2
Código:	MF2562_2
Asociado a la UC:	UC2562_2 - Efectuar operaciones de montaje de líneas aéreas de alta tensión
Duración (horas):	180
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Analizar las características de hoyos y zanjas en todo el recorrido de una línea aérea de alta tensión, especificando las medidas de seguridad en un entorno de trabajo, refiriendo las dimensiones y particularidades de un terreno para el replanteo, exponiendo las soluciones adoptadas y las técnicas de colocación de electrodos y líneas de enlace a tierra.

**CE1.1** Identificar los riesgos asociados al trabajo y a la manipulación de cargas típicas en el montaje de líneas aéreas de alta tensión, indicando las características de los equipos de protección colectivos e individuales y de los vehículos utilizados para el manejo de carga o ayudas mecánicas, a partir de guías o documentos del Organismo responsable de seguridad y salud laboral.

**CE1.2** Seleccionar las señalizaciones y protecciones a utilizar en el perímetro de los hoyos y zanjas de una obra de instalación de línea aérea de alta tensión, indicando la funcionalidad de cada una.

**CE1.3** Identificar, para una cimentación, las medidas de unos apoyos y sus excavaciones - profundidad, longitud, anchura, distancias- estableciendo una relación entre las mismas, a partir de los planos de construcción de una línea aérea de alta tensión.

**CE1.4** En un supuesto práctico de colocación de electrodos de puesta a tierra sobre el terreno:

- Describir el tipo de terreno y sus características de resistividad, teniendo en cuenta las especificaciones de una memoria de ejecución de una línea aérea de alta tensión
- Determinar el tipo de electrodo -picas, placas, conductor desnudo- y su configuración -radial, anular, hilera o malla-, según un plan de montaje.
- Definir el lugar y forma de colocación de los electrodos -hincado con uso de cabezas protectoras, perforación de pozos específicos para electrodos, instalación en el fondo de la cimentación de los apoyos.
- Realizar los empalmes mediante soldadura aluminotérmica, grapas de conexión, piezas de unión por cuña a presión, entre otras,
- Disponer la línea de tierra para su posterior conexión al apoyo.

**CE1.5** Describir un procedimiento de medida de resistencia de puesta a tierra de un electrodo mediante un telurómetro, explicando su manejo.

**C2:** Aplicar técnicas de montaje de los apoyos de una línea aérea de alta tensión, definiendo su emplazamiento según un replanteo y una orografía particular de terreno.

**CE2.1** Identificar las herramientas -llaves de tubo y dinamométricas, tenazas, barras de montaje, granetes- y los equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- de uso típico para el montaje de apoyos según una zona de intervención.

**CE2.2** Describir los tipos de perfiles y estructuras metálicas -celosías, tubulares, entre otros-, a utilizar en el montaje de apoyos, a partir de la documentación técnica de un plan de montaje y catálogos de un fabricante.

**CE2.3** En un supuesto práctico de montaje de apoyos de una línea aérea de alta tensión:

- Establecer, si el izado del apoyo está próximo a una línea eléctrica, las medidas preceptivas por trabajos en proximidad de tensión o solicitando, en su caso, el corte de tensión,
- Mantener las distancias mínimas de seguridad -proximidades, cruzamientos, paralelismos- establecidas en la documentación del plan de montaje.
- Desechar las piezas que presenten deformaciones o defectos,
- Armar el apoyo el suelo para izado completo o armar por elementos -barras, paños, crucetas- para izado por tramos,
- Calzar las estructuras metálicas en el suelo para que no se produzcan deformaciones en la celosía,
- Dejar las uniones sin apretar por completo hasta que el apoyo esté terminado y comprobada su ejecución,
- Granetear la tornillería para impedir que se afloje cuando la torre esté completamente montada y apretada.

**CE2.4** Describir las técnicas para la colocación de la base o los anclajes de los apoyos sobre los hoyos, teniendo en cuenta la alineación, cota y nivelación, así como las distancias a las paredes de los fosos según los cálculos de las cimentaciones, reflejados en un proyecto de construcción de la línea aérea de alta tensión.

**CE2.5** Describir el proceso de vertido por capas del hormigón en la cimentación del apoyo, de modo que se eviten desplazamientos, manteniendo los medios de sujeción de bases y anclajes y los tubos de paso para la puesta a tierra, hasta su completo secado.

**CE2.6** Organizar el proceso de izado completo de un apoyo por tramos, describiendo las tareas de aplomado, nivelado y conexión de puesta a tierra, con el soporte de las especificaciones de un fabricante.

**C3:** Aplicar técnicas de armado de cadenas de aisladores y de tendido y tensado de los conductores activos y el cable de guarda, mediante la colocación de accesorios de empalme, conexión y protección de la avifauna o cualquier otro especificado en un proyecto de la línea aérea de alta tensión.

**CE3.1** Identificar las protecciones -sobre carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o cualquier otro elemento de infraestructura- y la señalización del entorno con indicaciones -de obras, peligro, limitaciones de velocidad-, justificando la necesidad de instalarse en el sentido del montaje de una línea aérea.

**CE3.2** Escoger las herramientas -llaves dinamométricas, tenazas de corte de cable, equipo para empalme por cuña a presión, entre otros- y equipos de protección colectiva e individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- a partir de listados definidos en un plan de montaje, teniendo en cuenta una zona particular de intervención.

**CE3.3** Describir los tipos de aisladores, las distancias de seguridad que deben respetar -por contaminación, sobretensión temporal o transitoria-, sus características y técnicas específicas de montaje, según la documentación del fabricante de un apoyo.

**CE3.4** Describir los tipos de cables -desnudos, aislados, conductores activos, cable de guarda- para redes aéreas de alta tensión, así como sus características, distancias de seguridad y técnicas de montaje.

**CE3.5** Describir los tipos de antivibradores, contrapesos, balizas, salvapájaros, dispositivos antiescalo u otros accesorios que se colocan sobre el propio conductor o en un apoyo, así como sus características, distancias de seguridad y técnicas de montaje.

**CE3.6** Identificar los medios de comunicación que pueden utilizarse con otro personal de la instalación, así como las circunstancias que pueden determinar la paralización de los trabajos, tales como: climatología, accidentes, previsión de errores o daños.

**CE3.7** En un supuesto práctico de tendido de conductores activos y cable de guarda, teniendo en cuenta las longitudes y particularidades de un cantón -existencia de árboles, autovía, vía férrea, sequedad del suelo, barro, entre otros-,

- Elevar los conductores con alzabobinas, frenadora, tractora o poleas de tendido, evitando dañarlos y dejándolos preparados para su tensado.

- Ventear los apoyos antes del tensado de los conductores, mediante dados de hormigón anclados al terreno, anclajes de peso muerto o tendiendo y elevando parcialmente los conductores del cantón siguiente.

- Tensar y regular los conductores según la temperatura ambiente, velocidad del viento y posibilidad de hielo.

- Conseguir la catenaria y flecha especificada en un proyecto de una línea de alta tensión,

- Inmovilizar el conductor con cuerdas o elementos de retención -técnica de sujeción por pinza y cuña, sistema de grapa con tornillería, conjunto de amarre preformado, entre otros si es desnudo, o fijarlo en su posición definitiva, si es aislado.

- Engraparlo el conductor aplomando las cadenas de aisladores, fijándolo con un par de apriete que garantice presión uniforme de las grapas sobre el mismo, según criterio establecido en las instrucciones de un fabricante.

- Empalmar o conectar los conductores mediante unión por cuña a presión, derivación u otras técnicas específicas, utilizando materiales, herramientas y equipos establecidos en un plan de montaje.

**CE3.8** Identificar los accesorios que se colocan sobre el propio conductor o en un apoyo - antivibradores, contrapesos, balizas, salvapájaros, dispositivos antiescalo u otros- mediante catálogos técnicos y documentación de fabricantes, justificando su uso.

**C4:** Aplicar técnicas de instalación de los elementos de corte, protección, señalización y telecontrol, según su posición y altura de empleo, teniendo en cuenta la seguridad de las personas y equipamientos.

**CE4.1** Escoger las herramientas- llaves de tubo y dinamométricas, útiles para pelado de cable aislado, tenazas, entre otros- y equipos de protección colectiva o individual, en particular para trabajos en altura -casco con barboquejo, cinturones de sujeción y retención, arneses, líneas de vida u otros- a partir de listados definidos en un plan de montaje, teniendo en cuenta una zona particular de intervención.

**CE4.2** Determinar los tipos de seccionadores, interruptores automáticos, seccionalizadores, reconectores, cortacircuitos fusibles de expulsión, autoválvulas, detector de paso de falta, entre otros elementos de corte, protección, señalización y telecontrol, que se utilizan en las líneas de alta tensión, mostrando su funcionamiento y características.

**CE4.3** Exponer las técnicas de montaje sobre un apoyo de: seccionadores, interruptores automáticos, seccionalizadores, reconectores y otros elementos de corte, protección, señalización y telecontrol de una línea aérea, siguiendo las instrucciones de un fabricante, atendiendo en particular los criterios de distancias de seguridad, orientación y anclaje seguro.

**CE4.4** En un supuesto práctico de montaje de los elementos de un entronque aéreo-subterráneo:

- Asegurar los anclajes, orientación y equilibrado de pararrayos-autoválvulas, órganos de corte de red, cortacircuitos fusibles de expulsión, entre otros.
- Colocar los terminales en las conexiones de los cables desnudos.
- Realizar el pelado de los cables aislados para la posterior colocación de terminales, según las especificaciones de un fabricante.
- Colocar los terminales en el cable aislado en el entronque aéreo-subterráneo.
- Conectar la puesta a tierra de las autoválvulas y de los terminales de los cables aislados según las especificaciones de un proyecto de ejecución, respetando los pares de apriete especificados en las instrucciones del fabricante.
- Comprobar que se mantienen las distancias de seguridad mínimas establecidas en la documentación técnica de un proyecto.

**CE4.5** Describir el funcionamiento de los equipos de telecontrol -detector de paso de falta, cofres de control, elementos con operación remota, antenas- de una línea aérea y sus técnicas de montaje -conexiones de los cables de datos y la instalación de la puesta a tierra- sobre un apoyo a partir de la documentación técnica de un proyecto.

**C5:** Emplear técnicas de verificación y pruebas previas a la puesta en servicio de una línea aérea de alta tensión, utilizando equipos de medida y ensayo, registrando los resultados o incidencias, aplicando en todo caso los procedimientos establecidos en un plan de montaje.

**CE5.1** Escoger los equipos de medida y ensayo para las verificaciones -telurómetro de alta frecuencia, medidor de aislamiento por descargas parciales, miliohmímetro, pértiga detectora de tensión, pértiga de puesta a tierra, medidor de tensiones de paso y contacto-, para una instalación particular, asegurando sus prestaciones y vigencia del estado de calibración según las necesidades de la instalación.

**CE5.2** En un supuesto práctico de inspección visual sobre la línea aérea:

- Comprobar las distancias de seguridad con prismáticos.
- Reconocer las conexiones de puesta a tierra en cada apoyo -sean metálicos o de hormigón armado-.
- Confirmar la identificación de cada torre mediante su número o marca equivalente y el estado de los medios para evitar su escalada, en su caso.
- Detectar objetos extraños en las torres -ramas, maleza o nidos de aves-, retirándolos, en su caso.
- Corroborar la presencia y estado de: señales de aviso de riesgo eléctrico, disuasores de posada, salvapájaros, señalizadores visuales y puentes de unión aislados.

**CE5.3** Describir las técnicas de ensayo de una instalación de puesta a tierra en un apoyo metálico -o de hormigón- con un telurómetro o con un instrumento de medida por alta frecuencia, especificando los criterios que suponen rangos aceptables en los resultados obtenidos.

**CE5.4** Demostrar el procedimiento de medida de la tensión de contacto sobre un apoyo metálico -o de hormigón- considerado frecuentado, mediante instrumento específico, mostrando los criterios que suponen rangos aceptables en los resultados obtenidos.

**CE5.5** Mostrar el proceso de comprobación del aislamiento principal de los cables aislados y puentes de cable de una línea aérea de alta tensión mediante las técnicas de tensión soportada en corriente alterna o por la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga.

**CE5.6** Describir la comprobación de la cubierta exterior de los cables aislados y puentes de cable de una línea aérea de alta tensión mediante corriente continua con un megóhmetro.

**CE5.7** Identificar los dispositivos de corte, protección y señalización y telecontrol - seccionadores, interruptores, sistemas de comunicación, otros-, presentes en una línea aérea de alta tensión, describiendo las técnicas para su comprobación: secuencia de apertura y cierre, ciclo de reenganche automáticos, así como las alarmas y señales de comunicación que pueden proporcionar.

**CE5.8** Redactar un informe técnico de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio, utilizando un modelo o aplicación informática de una empresa de montaje de una línea eléctrica de alta tensión, incorporando el resultado de una revisión, posibles defectos, incidencias y modificaciones efectuadas.

**C6:** Aplicar técnicas de puesta en servicio de una línea aérea de alta tensión, estableciendo las zonas protegidas, verificando los equipos de prueba y las puestas a tierra, conectando la línea y restableciendo las condiciones de funcionamiento.

**CE6.1** Describir medidas de protección que deben implementarse en las zonas protegidas -de trabajo, de proximidad de tensión, desniveles o por intervenciones en altura- tales como: delimitación estableciendo distancias y barreras y señalización con carteles de aviso conforme a una evaluación de riesgos.

**CE6.2** Especificar los dispositivos y equipos para una puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión y pértigas de maniobra, otros-, detallando para cada uno su funcionamiento y cómo se verifica su fecha de caducidad y estado de conservación.

**CE6.3** Describir el proceso de comprobación de la ausencia de tensión en una línea aérea mediante pértigas detectoras de tensión o fusibles lanza cables, incidiendo en la puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores.

**CE6.4** Precisar las técnicas de conexión de una línea aérea montada a otra línea de alta tensión, a una subestación o a un centro de transformación mediante equipos de corte y protección - seccionador, interruptor-seccionador, interruptor automático, cortacircuitos fusibles de expulsión-, siguiendo un manual de conexión de cada dispositivo.

**CE6.5** En un supuesto práctico de restablecimiento de una línea aérea:

- Utilizar los equipos de protección colectiva e individual frente al riesgo eléctrico aplicando las normas preceptivas de seguridad personal en cada intervención y ejecución de maniobras.
- Desconectar los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito que estuvieran instalados.
- Eliminar los bloqueos y enclavamientos de los elementos de corte y protección.
- Cerrar los seccionadores, interruptores, cortacircuitos fusibles de expulsión y órganos de control de red.
- Medir las características de la tensión suministrada por la red -frecuencia, amplitud, forma de onda, simetría de tensiones de línea- y compararlas con los valores relativos a la calidad de la onda de tensión del suministro eléctrico.
- Retirar los elementos de protección, señalización y delimitación de la zona, como barreras y carteles.

**CE6.6** Redactar un informe de entrega y recepción del montaje y puesta en servicio de una línea aérea recogiendo permisos, homologaciones técnicas y de eficiencia energética, en el formato o aplicación informática establecidos por una empresa propietaria de una instalación.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.4; C2 respecto a CE2.3; C3 respecto a CE3.7; C4 respecto a CE4.4; C5 respecto a CE5.2; C6 respecto a CE6.5.

## Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización, a sus cambios organizativos y tecnológicos, así como a situaciones o contextos nuevos.

Comunicarse eficazmente con las personas adecuadas en cada momento, respetando los canales establecidos en la organización.

Valorar el talento y el rendimiento profesional con independencia del sexo.

Demostrar cierta autonomía en la resolución de pequeñas contingencias relacionadas con su actividad.

Respetar los procedimientos y normas internas de la organización.

Respetar la igualdad de trato y de oportunidades en el ámbito laboral.

## Contenidos

### 1 Regulación de la actividad y seguridad en el montaje de líneas aéreas de alta tensión

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión, en su aplicación al montaje de líneas aéreas de alta tensión.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones de alta tensión, en su aplicación al montaje de equipos de maniobra, protección, control y telemando de líneas aéreas de alta tensión.

Normativa y reglamentación vigente para prevención del riesgo eléctrico en trabajos realizados en instalaciones eléctricas. Seguridad en trabajos con tensión, en proximidad y sin tensión.

Disposiciones de seguridad para el corte de tensión. Cinco reglas de oro.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, EPI y colectiva.

Verificación, mantenimiento y utilización de los equipos de protección.

Relación de normativa vigente -estatal y autonómica- sobre impacto ambiental de líneas de alta tensión.

Normativa sobre medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Especificaciones particulares de las empresas de transporte y distribución de energía eléctrica respecto al montaje de líneas aéreas de alta tensión. Proyectos tipo.

Normativa de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE.

Factores y situaciones de riesgo, eléctrico y no eléctrico.

Técnicas de primeros auxilios.

### 2 Esquemas y documentación para el montaje de líneas aéreas de alta tensión

Normalización de la documentación electrotécnica. Simbología.

Interpretación de planos y esquemas.

Plano de situación.

Plano del perfil longitudinal y de planta de la línea aérea de alta tensión.

Distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos. Distribución de los apoyos.

Planos de apoyos y cimentaciones.

Planos de detalle de aisladores, herrajes, crucetas, terminaciones, empalmes, tomas de tierra y de los conjuntos de la línea aérea-cruzamientos, derivaciones, entronques aéreos-subterráneos y otros-.

Esquemas unifilares.

Trazado del perfil longitudinal. Curvas de flecha máximas.

Documentación previa para el montaje de líneas aéreas de alta tensión según la propiedad de la línea. Anteproyecto y proyecto.

Documentación para la puesta en servicio.

Proyectos tipo de montaje de líneas aéreas de alta tensión.

Manuales de montaje de apoyos, herrajes, aisladores y otros elementos de la línea aérea como: crucetas, derivaciones, soportes de equipos de maniobra y protección o elementos de telecontrol.

Ordenes de trabajo. Informes de intervención.

Programas de puntos de verificación.

### 3 Elementos y materiales constitutivos de las líneas aéreas de alta tensión

Estructura de una red eléctrica. Sistema de producción, de transporte y de distribución.

Partes de una red eléctrica. Centrales eléctricas, subestaciones elevadoras y reductoras, centros de reflexión, redes de transporte y distribución, centros de reparto, centros de transformación.

Tipología de líneas aéreas de alta tensión: según la tensión- categoría especial, primera, segunda y tercera categoría-, según el tipo de conductor -desnudo o aislado-, según su conexión -radial, en bucle, doble alimentación, en huso y en espiga-.

Conocimientos básicos de cálculos eléctricos y mecánicos de conductores. Intensidades máximas admisibles en los cables. Acciones a considerar. Hipótesis reglamentarias, parámetros eléctricos. Interpretación de tablas de cálculo mecánico y de tendido.

Fenómenos característicos de las líneas aéreas de alta tensión: Efecto Kelvin, efecto corona, jaula de Faraday, transposición de conductores.

Conductores desnudos: naturaleza, características, empalmes y conexiones. Designación.

Tipos de conductores desnudos. Conductor de aluminio-acero: características. Designación.

Cables unipolares aislados reunidos en haz: materiales, tipos, características y designación. Normas UNE-EN de obligado cumplimiento. Empalmes y terminaciones.

Conductores recubiertos: materiales, tipos, características y designación. Cable Fiador.

Conocimientos básicos de cálculos eléctricos y mecánicos de conductores. Acciones a considerar, hipótesis reglamentarias, parámetros eléctricos. Interpretación de tablas de cálculo mecánico y de tendido.

Cable de tierra o de guarda. Tipos y características.

Apoyos: materiales y características. Tipos de apoyos según su función en la línea. Cimentaciones-monobloque y macizos independientes-.

Crucetas: materiales, tipos y características.

Aisladores: materiales, tipos y características. Cadenas de suspensión y de amarre.

Otros elementos: herrajes, empalmes, conexiones, derivaciones, señalización, protección de la avifauna, antiescalos, balizas. Antivibratorios. Contrapesos. Separadores. Terminales.

Puesta a tierra en apoyos de alta tensión: elementos del sistema de puesta a tierra y condiciones de montaje. Electrodo de tierra. Líneas de tierra. Elementos de conexión: soldadura aluminotérmica, conexión por cuña a presión, grapas de conexión, apriete de tornillos.

Cruzamientos, paralelismos y distancias mínimas de seguridad.

Tipos de perturbaciones: Sobrecargas, cortocircuitos, defectos a tierra, sobretensiones, defectos de aislamiento, arco eléctrico.

Elementos de mando y protección de las líneas aéreas de alta tensión. Características de la aparamenta: tensión, nivel de aislamiento, intensidad, potencia, poder de corte, poder de cierre. Códigos ANSI. Métodos de aislamiento y corte: al aire, hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, aceite, neumáticos, en vacío.

Tipos, características y funcionamiento de elementos de mando y protección de las líneas de alta tensión: seccionadores, seccionadores de puesta a tierra, interruptores, interruptores automáticos, fusibles de alto poder de ruptura -A.P.R.-, fusibles cortocircuitos de expulsión -XS-, pararrayos y autoválvulas, Reconector-reenganchador, seccionalizador, u otros.

Relés de protección: esquema de funcionamiento, tipos de relés, características, curvas de actuación tiempo-intensidad.

Transformadores de tensión para medida y protección: funcionamiento, características y tipos.

Transformadores de intensidad para medida y protección: funcionamiento, características y tipos.  
Enclavamientos: mecánicos, eléctricos, neumáticos.  
Elementos de medida y contaje.  
Derivaciones de una línea aérea de alta tensión. Entronque aéreo subterráneo. Elementos y tipos de instalación.  
Telemando de una red eléctrica: sistema de telecomunicaciones por fibra óptica, por onda portadora, vía radio. Detector de paso de falta. Elementos de comunicación: antenas, cables de telecomunicaciones, PLC, entre otros.

#### 4 Técnicas de montaje de apoyos y puesta a tierra para líneas aéreas de alta tensión

Tipos de documentación e instrucciones requeridas para el montaje de apoyos.  
Interpretación de planos mecánicos y topográficos específicos. Situación y distancia entre apoyos.  
Procedimientos de verificación de distancias de seguridad y montaje.  
Montaje de elementos de señalización y seguridad para personas ajenas a la obra.  
Técnicas básicas de medición de excavaciones, macizos de hormigón y zanjas. Técnicas de apoyo al replanteo de la instalación.  
Herramientas utilizadas para el montaje de apoyos: tipos y manejo.  
Medios técnicos y equipos de protección individual, colectiva y trabajos en altura.  
Procedimientos de carga y descarga de los apoyos, perfiles y estructuras metálicas. Maquinas y elementos empleados. Vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora-.  
Técnicas de montaje de apoyos y crucetas: armado del apoyo en el suelo para izado completo o armado por elementos para izado por tramos.  
Unión de los perfiles y elementos del apoyo. Graneteado o soldadura de los perfiles.  
Procedimientos de izado y anclaje de los apoyos. Colocación de anclajes, nivelación y alineación.  
Procesos de elaboración de macizos de hormigón: dosificación del hormigón, hormigonado por capas, hormigonado en tiempo frío, entre otros.  
Procedimientos de puesta a tierra: características del terreno; tipos y características de los electrodos y conductores de tierra; disposición de electrodos.  
Técnicas de colocación de electrodos -individuales, radial, anular, hilera o malla-: cabezas protectoras o elaboración de pozos.  
Procesos de unión de electrodos con el cable de tierra: soldadura aluminotérmica, grapas o piezas de unión por cuña a presión.  
Conexión de la puesta a tierra al apoyo.  
Retirada de útiles de acceso y montaje.  
Recogida de embalajes y residuos del proceso de montaje.

#### 5 Técnicas de montaje de conductores, aisladores, elementos de mando y protección y otros accesorios en líneas aéreas de alta tensión

Tipos de documentación e instrucciones requeridas para el montaje de conductores y elementos de mando y protección.  
Interpretación de planos mecánicos y topográficos específicos.  
Procedimientos de verificación de distancias de seguridad y montaje.  
Montaje de elementos de señalización, seguridad y protección para personas durante el montaje de la línea aérea de alta tensión -carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o cualquier otro elemento de infraestructura-.  
Herramientas utilizadas para el montaje de conductores y elementos de mando y protección: tipos y manejo.  
Medios técnicos y equipos de protección individual, colectiva y trabajos en altura.

Procedimientos de carga y descarga de los conductores y elementos de mando y protección. Maquinas y elementos empleados. Vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta-.

Manejo de maquinaria y herramientas utilizadas en el montaje de los conductores, cable de guarda -alزابobinas, frenadora, tractora o poleas de tendido, cabestrantes, poleas-, y elementos de protección, maniobra, señalización y telemando.

Procesos de montaje de aisladores, cadenas de aisladores, herrajes, poleas y otros elementos necesarios para el tendido de los conductores.

Técnicas de tendido de conductores y cable de guarda: técnicas de tensado; medida de la tensión mecánica y de la flecha.

Tipos y técnicas de grapado y retención de los conductores y cable de guarda.

Procesos de montajes de empalmes, conexiones, derivaciones y terminales. Tipos de accesorios: encintados, premoldeados de fábrica, premoldeados en campo, termoretráctiles, retráctiles en frío, enfilables, entre otros.

Procesos de montajes de empalmes, conexiones, derivaciones y terminales.

Procesos de montaje de elementos de protección, maniobra, señalización y telemando de líneas aéreas de alta tensión. Manuales de montaje.

Técnicas de instalación de elementos de protección, maniobra, señalización y telecontrol de líneas aéreas de alta tensión. Conexión de conductores y puesta a tierra.

Montaje de otros elementos: antiescalos, protecciones de la avifauna, separadores, antivibradores, contrapesos, balizas.

Retirada de útiles de acceso y montaje.

Recogida de embalajes y residuos del proceso de montaje.

## 6 Técnicas de verificación previas y puesta en servicio de líneas aéreas de alta tensión

Técnicas de implementación de las medidas de seguridad para evitar riesgos según el tipo de trabajo -con tensión, en proximidad, sin tensión, en desnivel, en altura-.

Procedimientos de selección y comprobación de los elementos de protección individual, colectiva y para trabajos en altura.

Procedimientos de selección y comprobación de los equipos para la puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión y pértigas de maniobra, otros-.

Técnicas de selección y utilización de equipos de medida y ensayo, según entorno.

Procedimientos de verificación de la aparamenta.

Procedimientos de verificación de la señalización, esquemas y disponibilidad de documentación.

Procedimientos de comprobación de las distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos.

Instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencias de tierra, tensiones de paso y de contacto, continuidad de conductores del circuito de tierra.

Técnicas de medidas por ensayo: para cables aislados con pantalla: aislamiento principal, aislamiento de la cubierta exterior.

Procedimientos de pruebas funcionales sobre: elementos de maniobra, relés de protección, según proyecto -ajustes-, sistemas auxiliares -control, comunicaciones, accionamientos, otros-, enclavamientos.

Métodos de trabajos en tensión, en proximidad, sin tensión y en altura.

Procedimiento de corte de tensión: solicitud de corte; autorización de descargo. Cinco reglas de oro.

Puesta a tierra y en cortocircuito. Señalización de seguridad.

Protocolo de puesta en servicio de la línea aérea de alta tensión. Conexión a una subestación, a un centro de transformación o a otra línea de alta tensión.

Maniobra de los equipos de conexión -seccionador, interruptor-seccionador, interruptor automático, cortacircuitos fusibles de expulsión, seccionalizador, entre otros-.

Informes técnicos de verificaciones, entrega, montaje y puesta en servicio: tipos y ejemplos.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.

Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.

Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.

Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.

Usos del SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.

Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF<sub>6</sub> según las normas industriales.

Almacenamiento y transporte de SF<sub>6</sub>.

Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF<sub>6</sub>, y manejo de sistemas estancos de perforación.

Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF<sub>6</sub> y diferentes clases de reutilización.

Trabajo en compartimentos abiertos con SF<sub>6</sub>, Detectores de SF<sub>6</sub>.

Neutralización de subproductos de SF<sub>6</sub>.

Fin de vida de equipos con atmosfera de SF<sub>6</sub>.

Seguimiento del SF<sub>6</sub> y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.

Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 6 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1.- Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la realización de operaciones de montaje de líneas aéreas de alta tensión, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:

- Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.

- Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2.- Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.

## MÓDULO FORMATIVO 2

### Montaje de líneas subterráneas de alta tensión

Nivel:	2
Código:	MF2563_2
Asociado a la UC:	UC2563_2 - Efectuar operaciones de montaje de líneas subterráneas de alta tensión
Duración (horas):	180
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Analizar las características de las zanjas, arquetas, canales revisables de obra y galerías en todo el recorrido de una línea subterránea de alta tensión, caracterizando las medidas de seguridad en el trabajo, describiendo el replanteo y las técnicas de colocación de electrodos y líneas de enlace a tierra.

**CE1.1** En un supuesto práctico de colocación de señalizaciones y protecciones colectivas en una zona de trabajo de una línea subterránea de alta tensión, caracterizada con planos, croquis o fotografías:

- Identificar los riesgos, según un plan de seguridad y salud.
- Seleccionar las señalizaciones y protecciones colectivas necesarias, en función del tipo de riesgo.
- Indicar la funcionalidad de las señalizaciones y protecciones colectivas.
- Colocar las señalizaciones y protecciones colectivas, estableciendo un perímetro de seguridad en la zona de trabajo.

**CE1.2** Especificar las condiciones que debe reunir una excavación para una línea subterránea de alta tensión, en lo referente longitud, anchura, distancia entre arquetas, condiciones del fondo -rasante, nivelación, ausencia de piedras, existencia de cama de apoyo-, a partir de sus planos de construcción.

**CE1.3** Exponer las características -tipo de terreno, profundidad, resistividad, espacio disponible- y el tipo de electrodo para la puesta a tierra, según las especificaciones definidas en un proyecto de ejecución de una línea subterránea de alta tensión en galería.

**CE1.4** Describir el proceso de ejecución, medida y registro de los resultados obtenidos en la puesta a tierra en una línea subterránea de alta tensión en galería siguiendo un modelo de documentación de una empresa instaladora.

**C2:** Aplicar técnicas de montaje de canalizaciones eléctricas de alta tensión directamente enterradas o entubadas, identificando los parámetros más relevantes de tubos y cables, así como describiendo los posibles daños provocados durante su colocación.

**CE2.1** Identificar los riesgos asociados al trabajo y a la manipulación de cargas típicas en un montaje de canalizaciones eléctricas de alta tensión directamente enterradas o entubadas, especialmente en zanjas, indicando las características de los equipos de protección individuales y de vehículos utilizados para el manejo de carga o ayudas mecánicas, a partir de guías o documentos del Organismo responsable de seguridad y salud laboral.

**CE2.2** Seleccionar unas herramientas -cizalla, soportes para izado y rotación de bobinas, guías pasacables- y equipos de protección individual -casco, guantes de protección mecánica, rodilleras, calzado de seguridad, ropa de alta visibilidad- para trabajos en canalizaciones eléctricas de alta tensión en zanjas, indicando su funcionalidad.

**CE2.3** Identificar los elementos y materiales -bobinas de cable, rodillos, tiras o rollos de tubo, manguitos de unión, soportes, placas de protección y de señalización-, a utilizar en un montaje de canalizaciones eléctricas de alta tensión directamente enterradas o entubadas, describiendo sus tipos y características, a partir de la documentación técnica de un plan de montaje y catálogos de un fabricante.

**CE2.4** En un supuesto práctico de colocación de tubos para el montaje de una canalización eléctrica de alta tensión enterrada bajo tubo,

- Disponer los soportes para tubos, según la documentación técnica de un plan de montaje.
- Colocar los tubos en sus soportes, con los manguitos de unión ensamblados, en su caso, según el sentido de tiro.
- Describir el procedimiento de sujeción de los tubos con hormigón, tierra procedente de la propia excavación, gravilla, arena u otro material de relleno granulado exento de partículas gruesas y puntiagudas.
- Introducir un alambre guía en los tubos que facilite el amarre de los útiles para su limpieza y posterior tendido de cables.
- Obturar, en la entrada de las arquetas, la boca de los tubos para evitar la presencia de elementos que provoquen su obstrucción.
- Describir el proceso de colocación de la protección mecánica y señalización por encima de la canalización, en todo su recorrido, durante el tapado de la zanja.

**CE2.5** En un supuesto práctico de tendido de conductores para el montaje de una canalización eléctrica de alta tensión enterrada bajo tubo,

- Asegurar la limpieza de los tubos, evitando taponamientos y rozamientos en su interior.
- Disponer las bobinas y rodillos, alineados, nivelados y distribuidos según el peso del cable.
- Proteger los extremos de los cables con cinta, capuchones de goma u otros medios para evitar la penetración de humedad bajo la cubierta.
- Tirar lentamente de la parte superior de la bobina, que girará sobre un eje, sincronizando dicho movimiento con un sistema de frenado.
- Evitar dobladuras de los cables debidas a curvas o bucles demasiado bruscos, rodillos mal colocados o irregularidades del terreno.
- Marcar, agrupar y sujetar los conductores y circuitos con bridas, soportes o grapas, en particular en la proximidad de subestaciones y de centros de transformación.

**CE2.6** Detallar el procedimiento de ejecución del paso de una línea subterránea a aérea -entronque-, especificando el tipo de canalización y su colocación, tipo de cables y sus conexiones con los dispositivos de maniobra y/o protección, a partir de la memoria de ejecución de una línea aéreo/subterránea de alta tensión y de un catálogo de fabricante.

**C3:** Aplicar técnicas de montaje de una canalización eléctricas de alta tensión sobre bandejas, soportes y otros elementos situados en galerías y canales revisables de obra, estimando las características de cada ejecución, técnicas de conexión a tierra, parámetros más relevantes de cables, bandejas, soportes y otros elementos y conexionado de los cables.

**CE3.1** Identificar los riesgos asociados al trabajo y a la manipulación de cargas típicas en el montaje de una canalización eléctrica de alta tensión en galerías y canales revisables de obra, indicando las características de los equipos de protección individuales y de los vehículos

utilizados para el manejo de carga o ayudas mecánicas, a partir de guías o documentos del Organismo responsable de seguridad y salud laboral.

**CE3.2** Seleccionar unas herramientas -taladro, sierra o radial para metal, nivel láser, cizalla y maleta de pelado de cable- y equipos de protección individual -casco, guantes de protección mecánica, rodilleras, calzado de seguridad y gafas de protección ocular- según una zona de intervención.

**CE3.3** Identificar los materiales y sus características más relevantes para el montaje de una canalización eléctrica de alta tensión en galerías y canales revisables de obra -bobinas de cable, bandejas y soportes transversales para cables, placas de protección y de señalización- a partir de la documentación técnica de un plan de montaje y catálogos de un fabricante.

**CE3.4** En un supuesto práctico de montaje de una canalización eléctrica de alta tensión de una galería en bandejas,

- Marcar los taladros para las sujeciones según los planos de montaje y especificaciones técnicas de un fabricante, de manera que la fijación de la bandeja sea segura y estable.
- Disponer las uniones de las bandejas manteniendo su capacidad de carga.
- Ensamblar las bandejas con los accesorios dispuestos por un fabricante -tramo recto, unión, ángulo plano, curva exterior o interior, entre otros-.
- Conectar las partes metálicas de las bandejas a la red de tierra de la galería, según las especificaciones técnicas de un fabricante.
- Especificar la situación de los rodillos para el tendido de los cables.
- Describir el proceso de colocación de los cables sobre las bandejas.

**CE3.5** En un supuesto práctico de conexión de los cables de una línea eléctrica de alta tensión de una galería con los dispositivos de maniobra y protección, situados en una subestación o centro de transformación,

- Adoptar protecciones según zona de trabajo en tensión.
- Pelar los cables, siguiendo las medidas especificadas por el fabricante de un kit de conexión.
- Limpiar cables pelados, según especificaciones del manual de montaje de un kit de conexión,
- Ensamblar el kit terminal, según especificaciones de su fabricante.

**C4:** Aplicar técnicas de verificación y pruebas previas a la puesta en servicio de una línea subterránea de alta tensión, describiendo las características y utilización de un equipo de medida y ensayo para cada prueba, diferenciando resultados correctos e incorrectos y exponiendo formas de registrar los resultados o incidencias en el proceso.

**CE4.1** Especificar unos equipos de medida y ensayo para las verificaciones en una línea subterránea de alta tensión en una galería -medidor de tensiones de paso y contacto y de resistencia de tierra con fuente de intensidad de 50 A, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, miliohmímetro, medidor de continuidad-, describiendo sus prestaciones y vigencia del estado de calibración.

**CE4.2** En un supuesto práctico de limpieza del lugar de la obra:

- Guardar las herramientas, previa limpieza y comprobación de su estado de conservación y funcionamiento.
- Recoger los medios de protección y de señalización colectiva en sentido inverso al del montaje de una línea subterránea de alta tensión.
- Almacenar los residuos generados en su contenedor de forma separada según sean del proceso específico del montaje -aluminio, acero, hormigón, tierras-, procedentes de embalajes de materiales -cartón, plásticos, aparejos- o correspondientes a residuos de aparatos eléctricos o electrónicos -RAEE- atendiendo a un plan de gestión de residuos.

**CE4.3** En un supuesto práctico de inspección visual de una línea subterránea de alta tensión, revisar:

- Las distancias de seguridad -cruzamientos, proximidades, paralelismos-.
- La existencia de líneas de enlace a tierra, puntos de puesta a tierra, conexiones equipotenciales de pantallas de cables, armaduras y partes metálicas, especialmente en galerías.
- El estado externo de los cables, de sus sujeciones -bandejas, soportes, palomillas- y accesorios -empalmes, terminaciones y derivaciones-.
- Los radios de curvatura de los cables en los cambios de dirección del trazado.
- El estado de los tubos o canales de protección de los cables en las conversiones aéreo-subterráneas y su sellado en el interior de las arquetas o registro de zanjas.
- La identificación y señalización de las canalizaciones -conductores, circuitos, valores de tensión, propietario, entre otros-, especialmente en galerías.

**CE4.4** Describir el proceso de verificación de una instalación de puesta a tierra -resistencia de electrodo y continuidad de pantallas metálicas de los cables y de conexiones equipotenciales-, la medida de la tensión de contacto y, en su caso, la de paso, en una galería, con un instrumento de medida de resistencia por inyección de corriente de alta intensidad, indicando valores que se encuentren en los rangos aceptables establecidos en el diseño de una línea subterránea de alta tensión.

**CE4.5** Detallar el procedimiento de comprobación del estado del aislamiento principal y de la cubierta exterior de los cables aislados de una línea subterránea de alta tensión:

- Mediante tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales a la tensión de red con o sin carga, para la comprobación del aislamiento,
- Mediante corriente continua con un megóhmetro para la comprobación de la cubierta.

**CE4.6** En un supuesto práctico de cumplimentación de un informe técnico de las verificaciones y operaciones previas a la puesta en servicio de una línea subterránea de alta tensión:

- Identificar un modelo para la toma de datos.
- Incorporar a dicho modelo, de manera manual o informática, los resultados de unas verificaciones.
- Identificar posibles defectos de la instalación a partir de los valores incorporados.
- Anotar incidencias y/o modificaciones efectuadas.

**C5:** Aplicar técnicas de puesta en servicio de una línea subterránea de alta tensión, adoptando y describiendo la normativa que establece las zonas de trabajo protegidas y la verificación de los equipos de prueba y puestas a tierra, identificando y explicando los procedimientos de puesta en tensión de la línea y de restablecimiento de sus condiciones de funcionamiento.

**CE5.1** En un supuesto práctico de conexión de una línea subterránea de alta tensión a un centro de transformación:

- Revisar los equipos de protección individual frente al riesgo eléctrico,
- Describir y delimitar las zonas de trabajo en tensión y las medidas de protección en cada una de ellas siguiendo un protocolo de actuación, señalizándolas con carteles de aviso.
- Revisar los dispositivos y equipos para la puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión, pértigas de maniobra, entre otros-.
- Disponer la puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores de la línea subterránea de alta tensión.
- Comprobar la ausencia de tensión mediante pértigas detectoras de tensión.

- Conectar los cables de la línea subterránea de alta tensión a los equipos de corte y protección -seccionador, interruptor seccionador, interruptor automático-, siguiendo el manual de conexión de cada dispositivo.

**CE5.2** En un supuesto práctico de restablecimiento del servicio a un centro de transformación tras ser conectado a una línea subterránea de alta tensión, aplicando las medidas preceptivas de protección personal y colectiva en todas las intervenciones y maniobras:

- Desconectar los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito que estuvieran instalados.
- Eliminar los bloqueos y enclavamientos que pudieran existir en los elementos de corte y protección.
- Cerrar los dispositivos de maniobra -seccionadores, interruptores, cortacircuitos fusibles de expulsión, órganos de control de red, entre otros-.
- Retirar los elementos de protección, señalización y delimitación de la zona, como barreras y carteles.

**CE5.3** Describir el funcionamiento y la conexión de un analizador de redes, mostrando la medida de las características de la tensión suministrada por la red -frecuencia, amplitud, forma de onda, simetría de tensiones de línea- en un proceso de restablecimiento del servicio.

**CE5.4** Redactar un informe de entrega y recepción del montaje y puesta en servicio de una línea subterránea de alta tensión, utilizando un modelo o aplicación informática de una empresa propietaria.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.1; C2 respecto a CE2.4 y CE2.5; C3 respecto a CE3.4 y CE3.5; C4 respecto a CE4.2, CE4.3 y CE4.6; C5 respecto a CE5.1 y CE5.2

### Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización, a sus cambios organizativos y tecnológicos, así como a situaciones o contextos nuevos.

Comunicarse eficazmente con las personas adecuadas en cada momento, respetando los canales establecidos en la organización.

Valorar el talento y el rendimiento profesional con independencia del sexo.

Demostrar cierta autonomía en la resolución de pequeñas contingencias relacionadas con su actividad.

Respetar los procedimientos y normas internas de la organización.

Respetar la igualdad de trato y de oportunidades en el ámbito laboral.

## Contenidos

### 1 Regulación sobre la actividad y seguridad en el montaje de líneas subterráneas de alta tensión

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión, en su aplicación al montaje de líneas subterráneas de alta tensión.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones de alta tensión, en su aplicación al montaje de equipos de maniobra, protección, control y telemando de líneas subterráneas de alta tensión.

Normativa y reglamentación vigente para prevención del riesgo eléctrico en trabajos realizados en instalaciones eléctricas. Seguridad en trabajos en tensión, en proximidad y sin tensión.

Disposiciones de seguridad para el corte de tensión. Cinco reglas de oro.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, EPI y colectiva.

Verificación, mantenimiento y utilización de los equipos de protección.  
Relación de normativa vigente -estatal y autonómica- sobre impacto ambiental de líneas de alta tensión.  
Especificaciones particulares de las empresas de transporte y distribución de energía eléctrica respecto al montaje de líneas aéreas de alta tensión. Proyectos tipo.  
Normativa de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE.  
Factores y situaciones de riesgo, eléctrico y no eléctrico.  
Técnicas de primeros auxilios.

## 2 Esquemas y documentación para el montaje de líneas subterráneas de alta tensión

Normalización de la documentación electrotécnica. Simbología.  
Interpretación de planos y esquemas.  
Plano de situación.  
Plano de planta del terreno ocupado por la canalización, con la situación de todos los servicios (agua, gas, telecomunicaciones, otros) que puedan existir.  
Planos de detalle de cruzamientos, paralelismos, pasos, zanjas, galerías, puestas a tierra, entre otros.  
Esquemas unifilares.  
Esquemas de conexionado de las pantallas de los cables aislados.  
Documentación previa necesaria para el montaje de líneas subterráneas de alta tensión según la propiedad de la línea. Anteproyecto y proyecto.  
Documentación para la puesta en servicio de una línea subterránea de alta tensión.  
Proyectos tipo de montaje de líneas subterráneas de alta tensión.  
Manuales de montaje de empalmes, derivaciones, terminales, equipos de maniobra y protección, elementos de telecontrol, entre otros.  
Ordenes de trabajo; Informes de intervención.  
Programas de puntos de verificación en una línea subterránea de alta tensión.

## 3 Elementos y materiales constitutivos de las líneas subterráneas de alta tensión

Estructura de una red eléctrica. Sistema de producción, de transporte y de distribución.  
Partes de una red eléctrica. Centrales eléctricas, subestaciones elevadoras y reductoras, centros de reflexión, redes de transporte y distribución, centros de reparto, centros de transformación.  
Tipología de líneas de alta tensión: según la tensión- categoría especial, primera, segunda y tercera categoría-, según el tipo de conductor- desnudo o aislado-, según su conexión -radial, en bucle, doble alimentación, en huso y en espiga.  
Conocimientos básicos de cálculos eléctricos. Parámetros eléctricos. Intensidades máximas admisibles en los cables.  
Fenómenos característicos de las líneas subterráneas de alta tensión: Efecto Kelvin, efecto corona, campo radial de un cable, efecto capacitivo.  
Cables aislados. Materiales, partes, características, designación y tipos. Cables de campo radial y de campo no radial. Pantallas de un cable.  
Formas de instalación de los cables en líneas subterráneas de alta tensión: directamente enterrados, en canalización entubados, en galerías visitables, en galerías o zanjas registrables, en atarjeas o canales revisables y en bandejas y soportes directamente unidos a la pared.  
Prescripciones particulares para instalaciones en fondos acuáticos.  
Zanjas: características, medidas y condiciones de instalación.  
Galerías visitables, registrables y atarjeas: características, medidas, condiciones de instalación, disposición y sujeción de los cables, puesta a tierra y equipotencialidad.  
Tubos: tipos, características y designación.  
Bandejas y soportes: tipos, características y designación.

Otros elementos: empalmes, conexiones, derivaciones, señalización. Terminales.

Puesta a tierra de los cables aislados de alta tensión: pantalla metálica de los cables aislados. Elementos del sistema de puesta a tierra y condiciones de montaje. Electrodo de tierra. Líneas de tierra. Elementos de conexión: soldadura aluminotérmica, conexión por cuña a presión, grapas de conexión, apriete de tornillos.

Cruzamientos, proximidades, paralelismos y distancias mínimas de seguridad.

Tipos de perturbaciones: sobrecargas, cortocircuitos, defectos a tierra, sobretensiones, defectos de aislamiento, arco eléctrico.

Elementos de mando y protección de las líneas subterráneas de alta tensión.

Características de la aparamenta: tensión, nivel de aislamiento, intensidad, potencia, poder de corte, poder de cierre. Códigos ANSI. Métodos de aislamiento y corte: al aire, hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, aceite, neumáticos, en vacío.

Tipos, características y funcionamiento de elementos de mando y protección de las líneas de alta tensión: seccionadores, seccionadores de puesta a tierra, interruptores, interruptores automáticos, fusibles de alto poder de ruptura -A.P.R.-, fusibles cortacircuitos de expulsión -XS-, pararrayos y autoválvulas, Reconectador-reenganchador, seccionalizador, u otros.

Relés de protección: Esquema de funcionamiento, tipos de relés, características, curvas de actuación tiempo-intensidad.

Transformadores de tensión para medida y protección: tipos, características y funcionamiento.

Transformadores de intensidad para medida y protección: tipos, características y funcionamiento.

Enclavamientos. Mecánicos, eléctricos, neumáticos.

Elementos de medida y contaje.

Entronque aéreo-subterráneo. Elementos y tipos de instalación.

Telemando de una red eléctrica: Sistema de telecomunicaciones por fibra óptica, por onda portadora, vía radio. Detector de paso de falta. Elementos de comunicación: antenas, cables de telecomunicaciones, PLC, entre otros.

#### 4 Técnicas de montaje de canalizaciones eléctricas directamente enterradas o entubadas para líneas subterráneas de alta tensión

Tipos de documentación sobre el trazado de la canalización. Interpretación de planos específicos sobre la situación de otros servicios de la vía pública.

Procedimientos de verificación de distancias de seguridad y montaje.

Montaje de elementos de señalización, seguridad y protección para personas durante el montaje de la línea subterránea de alta tensión -carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o cualquier otro elemento de infraestructura-.

Marcado de trazas sobre el terreno donde se va a realizar la excavación para el alojamiento de los cables

Técnicas básicas de medición de excavaciones y zanjas. Técnicas de apoyo al replanteo de la instalación.

Herramientas utilizadas para el montaje la canalización -cizalla, soportes para izado y rotación de bobinas, guías pasacables, entre otros-: tipos y manejo.

Medios técnicos y equipos de protección individual y colectiva.

Procedimientos de carga y descarga de los elementos y materiales -bobinas de cable, rodillos, tiras o rollos de tubo, manguitos de unión, soportes, placas de protección y de señalización, entre otros-.

Máquinas y elementos empleados. Vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta-.

Manejo de maquinaria y herramientas utilizadas en el montaje de los cables aislados -alzabobinas, frenadora, tractora o poleas de tendido, cabestrantes, entre otros-.

Técnicas de montaje de canalizaciones directamente enterradas. Tipo de terreno. Lecho de arena.

Elementos de señalización y protección del cable aislado.

Técnicas de montaje de canalizaciones entubadas enterradas. Colocación de los soportes para tubos, de los tubos en sus soportes y de los manguitos de unión. Procedimiento de sujeción de los tubos con hormigón. Tendido de cables y obturación en la entrada de las arquetas. Proceso de colocación de la protección mecánica y señalización por encima de la canalización.

Procesos de montajes de empalmes, conexiones, derivaciones y terminales. Tipos de accesorios - encintados, premoldeados de fábrica, premoldeados en campo, termoretráctiles, retráctiles en frío, enfilables, entre otros-.

Procedimientos de puesta a tierra de las pantallas de los cables aislados: Características del terreno; tipos y características de los electrodos y conductores de tierra; disposición de electrodos.

Técnicas de colocación de electrodos -individuales, radial, anular, hilera o malla-: cabezas protectoras o elaboración de pozos.

Procesos de unión de electrodos con la pantalla del cable: soldadura aluminotérmica, grapas o piezas de unión por cuña a presión, o por apriete de tornillos.

## 5 Técnicas de montaje de canalizaciones eléctricas sobre bandejas, soportes y otros elementos situados en galerías y canales revisables de obra en líneas subterráneas de alta tensión

Tipos de documentación sobre el trazado de la canalización. Interpretación de planos específicos sobre la situación de otros servicios de la vía pública.

Procedimientos de verificación de distancias de seguridad y montaje.

Montaje de elementos de señalización, seguridad y protección para personas durante el montaje de la línea subterránea de alta tensión-carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o cualquier otro elemento de infraestructura-.

Técnicas básicas de medición de excavaciones, zanjas y galerías. Técnicas de apoyo al replanteo de la instalación.

Herramientas utilizadas para el montaje la canalización -cizalla, soportes para izado y rotación de bobinas, herramientas, taladro, sierra o radial para metal, nivel láser, cizalla y maleta de pelado de cable-, entre otros-: Tipos y manejo.

Medios técnicos y equipos de protección individual y colectiva.

Procedimientos de carga y descarga de los elementos y materiales -bobinas de cable, bandejas, soportes, rodillos, elementos de unión, entre otros-. Maquinas y elementos empleados. Vehículos para el manejo de la carga -dumper de obra, camión con pluma elevadora, grúa horquilla- o ayudas mecánicas -carros, carretillas, transpaleta elevadora-.

Manejo de maquinaria y herramientas utilizadas en el montaje de los cables aislados: alzabobinas, frenadora, tractora o poleas de tendido, cabestrantes.

Técnicas de montaje de canalizaciones sobre bandejas o soportes en galerías o canales revisables de obra. Marcado de taladros. Colocación de soportes. Disposición de las bandejas y sus uniones. Colocación de los accesorios de la bandeja. Conexión equipotencial y a tierra de las bandejas. Colocación y sujeción de los cables aislados. Marcado de los circuitos.

Procesos de montajes de empalmes, conexiones, derivaciones y terminales. Tipos de accesorios: encintados, premoldeados de fábrica, premoldeados en campo, termoretráctiles, retráctiles en frío, enfilables, entre otros.

Procedimientos de puesta a tierra de las pantallas de los cables aislados: Características del terreno; tipos y características de los electrodos y conductores de tierra; disposición de electrodos.

Técnicas de colocación de electrodos- individuales, radial, anular, hilera o malla-: cabezas protectoras o elaboración de pozos.

Procesos de unión de electrodos con la pantalla del cable: soldadura aluminotérmica, grapas o piezas de unión por cuña a presión, o por apriete de tornillos.

## 6 Técnicas de verificación y puesta en servicio de líneas subterráneas de alta tensión

Técnicas de implementación de las medidas de seguridad para evitar riesgos según el tipo de trabajo: en tensión, en proximidad, sin tensión, en desnivel.

Procedimientos de selección y comprobación de los elementos de protección individual y colectiva.

Procedimientos de selección y comprobación de los equipos para la puesta en servicio -puestas a tierra y cortocircuito, pértigas detectoras de tensión y pértigas de maniobra, entre otros-.

Técnicas de selección y utilización de equipos de medida y ensayo, según entorno.

Procedimientos de verificación de la aparamenta.

Procedimientos de verificación de la señalización, esquemas y disponibilidad de documentación.

Procedimientos de comprobación de las distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos.

Instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencias de tierra, tensiones de paso y de contacto, continuidad de conductores del circuito de tierra y de las conexiones equipotenciales.

Técnicas de medidas por ensayo para cables aislados con pantalla: aislamiento principal, aislamiento de la cubierta exterior.

Procedimientos de pruebas funcionales sobre: elementos de maniobra, relés de protección, según proyecto -ajustes-, sistemas auxiliares -control, comunicaciones, accionamientos, otros-.

Enclavamientos.

Métodos de trabajos propios de entornos en tensión, en proximidad, sin tensión y en altura.

Cinco reglas de oro. Procedimiento de corte de tensión: solicitud de corte; autorización de descargo. Puesta a tierra y en cortocircuito. Señalización de seguridad.

Protocolo de puesta en servicio de la línea subterránea de alta tensión. Conexión a una subestación, a un centro de transformación o a otra línea de alta tensión. Maniobra de los equipos de conexión-seccionador, interruptor-seccionador, interruptor automático, cortacircuitos fusibles de expulsión, seccionalizador, entre otros.

Informes técnicos de verificaciones, entrega, montaje y puesta en servicio: tipos y ejemplos.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.

Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.

Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.

Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.

Usos del SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.

Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF<sub>6</sub> según las normas industriales.

Almacenamiento y transporte de SF<sub>6</sub>.

Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF<sub>6</sub>, y manejo de sistemas estancos de perforación.

Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF<sub>6</sub> y diferentes clases de reutilización.

Trabajo en compartimentos abiertos con SF<sub>6</sub>, Detectores de SF<sub>6</sub>.

Neutralización de subproductos de SF<sub>6</sub>.

Fin de vida de equipos con atmosfera de SF<sub>6</sub>.

Seguimiento del SF<sub>6</sub> y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.

Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 6 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.
- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la realización de operaciones de montaje de líneas subterráneas de alta tensión, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:

- Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.
- Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.

2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.

## MÓDULO FORMATIVO 3

### Operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión

Nivel:	2
Código:	MF2564_2
Asociado a la UC:	UC2564_2 - Realizar operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión
Duración (horas):	210
Estado:	Tramitación BOE

### Capacidades y criterios de evaluación

**C1:** Implementar los procedimientos y técnicas de mantenimiento sobre una línea de alta tensión aérea o subterránea identificando sus elementos, características y configuración, teniendo en cuenta los criterios técnicos de utilización de la aparatamenta según las prescripciones de un fabricante.

**CE1.1** Enumerar las tareas y documentos previos necesarios para el mantenimiento de una línea de alta tensión -solicitud de acceso a la zona de trabajo, trazado de la línea, esquemas eléctricos, otros- describiendo la situación de la aparatamenta, distancias de seguridad, tensión de la línea y otros aspectos relevantes, según el tipo de instalación -aérea o subterránea-.

**CE1.2** Detallar los elementos de maniobra de una línea de alta tensión -en una subestación, centro de transformación, apoyos con aparatamenta de maniobra o protección-, así como los carteles, sinópticos y otras informaciones distinguiendo su situación, características y funcionamiento.

**CE1.3** Definir los sistemas de bloqueos y enclavamientos eléctricos y mecánicos involucrados en una línea de alta tensión, indicando su funcionamiento a partir de los esquemas y elementos de señalización, según las características de maniobrabilidad de cada uno.

**CE1.4** Precisar los equipos de seguridad y emergencia de las instalaciones fijas en subestaciones y centros de transformación -banqueta aislante, guantes aislantes, instrucciones de servicio, pértiga de salvamento, equipo de respiración artificial- y los equipos móviles -equipo portátil de puesta a tierra y en cortocircuito, pértigas detectoras de tensión, pértigas de maniobra, arneses, líneas de vida- indicando sus características de conservación y sus fechas de caducidad.

**CE1.5** Describir los procedimientos de trabajo sin tensión, en proximidad o con tensión, indicando las sucesivas etapas y maniobras que deben llevarse a cabo teniendo en cuenta las características de la línea, identificando los equipos de protección individual y colectiva y definiendo las situaciones en las que se interrumpirán las operaciones por condiciones atmosféricas adversas o necesidades de suministro.

**CE1.6** En un supuesto práctico para determinar los procedimientos y técnicas de mantenimiento de una línea de alta tensión:

- Exponer los requisitos de acceso a la zona de intervención y los permisos necesarios.
- Identificar los esquemas eléctricos preceptivos, así como instrucciones generales de servicio de los elementos de maniobra.
- Describir las características de los aparatos de maniobra, así como el significado de carteles y sinópticos disponibles en un recinto o en frontales de las celdas, galerías, entre otras.
- Identificar los sistemas de bloqueos y enclavamientos eléctricos y mecánicos involucrados en una línea de alta tensión.

- Detallar los equipos de seguridad y emergencia -asociados a la línea de alta tensión- de las instalaciones fijas en subestaciones y centros de transformación.
- Determinar la secuencia del proceso de corte del suministro eléctrico en los elementos sobre los que se va a intervenir y de los procedimientos de trabajo sin tensión, en proximidad o con tensión.
- Redactar un informe técnico de revisión de los elementos y características que forman la instalación eléctrica de una línea de alta tensión.

**C2:** Aplicar técnicas de intervención previas para trabajar sin tensión, en proximidad o con tensión en operaciones de mantenimiento sobre una línea eléctrica de alta tensión siguiendo los procedimientos de descargo y delimitación de zonas de trabajo, peligro o proximidad.

**CE2.1** Exponer el proceso de corte de todas las fuentes de alimentación de una instalación para trabajos sin tensión, identificando los aparatos de corte ubicados en los puntos de aislamiento, atendiendo la necesidad de que sea visible o efectivo y detallando la posibilidad de retornos de tensión -líneas en anillo, grupos electrógenos, baterías de condensadores, entre otros-.

**CE2.2** En un supuesto práctico de bloqueo de los dispositivos o aparatos de maniobra, - interruptores automáticos, interruptores en carga y seccionadores- para trabajos sin tensión:

- Aplicar el bloqueo en todos los modos de maniobra que estén instalados -local, remota y a distancia-.
- Mantener en la posición de abierto, de forma que quede señalizada la prohibición de maniobrar.
- Identificar fecha/hora del bloqueo, así como un procedimiento de contacto.
- Desactivar, si las hubiera, las fuentes de energía auxiliar de los dispositivos, tanto para maniobra como para alimentación.

**CE2.3** En un supuesto práctico de comprobación de ausencia de tensión -para trabajos sin tensión-, en todos los elementos activos de una instalación y en cada uno de los conductores separados de las fuentes de tensión y ubicados a partir del punto de aislamiento, reconocer:

- Los equipos preceptivos de protección individual.
- Las distancias mínimas de seguridad, tanto en planta como en altura, para una instalación particular.
- Los requisitos de uso del sistema verificador de tensión integrado o pértiga detectora de ausencia de tensión.

**CE2.4** Detallar las etapas para la puesta a tierra y en cortocircuito de una línea de alta tensión, para trabajos sin tensión, describiendo como realizar el cierre de seccionador de puesta a tierra, la colocación de tierras portátiles y la preceptiva señalización.

**CE2.5** Describir como delimitar una zona de trabajo -para trabajos sin tensión- en una línea de alta tensión detallando los elementos a utilizar: cintas, carteles, cadenas u otros útiles de señalización de seguridad, barrera física o envolventes.

**CE2.6** Describir las medidas de protección previas a la realización de trabajos en proximidad de tensión en una línea de alta tensión, tales como: identificar y reducir el número de elementos en tensión, colocar pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes, diferenciar una zona de trabajo respecto a una zona de peligro u otras.

**CE2.7** Identificar los equipos, materiales, útiles y herramientas aislantes o aislados, pértigas aislantes, así como dispositivos de protección individual, que se requieren para trabajos en tensión en línea de alta tensión, teniendo en cuenta variables como: la tensión de servicio, distancias de seguridad, condiciones ambientales y detallando los aspectos de mantenimiento de cada uno de ellos.

**CE2.8** En un supuesto práctico de mantenimiento de una línea de alta tensión, en trabajo sin tensión:

- Preparar los equipos de protección individual y colectiva.
- Efectuar el corte de todas las fuentes de alimentación de la zona de trabajo.
- Bloquear los dispositivos o aparatos de maniobra.
- Comprobar la ausencia de tensión en la zona afectada.
- Realizar la puesta a tierra y en cortocircuito de la línea de alta tensión.
- Delimitar la zona de trabajo.

**C3:** Aplicar técnicas de mantenimiento preventivo sobre los elementos constitutivos de una línea aérea de alta tensión tales como apoyos, conductores, aisladores, órganos de corte de red, autoválvulas, red de tierra y otros, siguiendo los protocolos de un plan de mantenimiento y las especificaciones técnicas de un fabricante.

**CE3.1** Determinar las herramientas y equipos de protección colectiva o individual -gafas, escaleras aislantes, pértigas aislantes, elementos de seguridad para trabajos en altura, arneses, eslingas, casco con barboquejo, líneas de vida- y los equipos de medida -telurómetro de alta frecuencia, miliohmímetro, pértiga detectora de tensión, cámara termográfica, medidor de tensiones de paso y contacto- a partir de los listados definidos en un plan de mantenimiento, mostrando las hojas de inspección, calibración y fechas de caducidad según un fabricante.

**CE3.2** Identificar el tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- en una operación de mantenimiento a partir de las informaciones obtenidas en un supuesto de operaciones previas y listado de verificaciones de un plan de mantenimiento.

**CE3.3** En un supuesto práctico de inspección visual a nivel del suelo de una línea aérea de alta tensión:

- Medir las distancias de seguridad internas -entre conductores y de los conductores al apoyo-, las externas de la línea -a edificios, terreno, caminos, obras, nuevas infraestructuras o de obras- y los cruzamientos y paralelismos -a otras líneas aéreas, a líneas de telecomunicación, a carreteras, ferrocarriles- utilizando equipos como teodolito, medidor de distancia láser o de ultrasonidos.
- Comprobar las conexiones de puesta a tierra en los apoyos metálicos y de hormigón armado acreditando la continuidad del circuito de puesta a tierra del apoyo y la ausencia de signos de corrosión.
- Revisar las cimentaciones de los apoyos -deterioro o rotura- y, en los que son frecuentados, los medios que evitan su escalada.
- Identificar los apoyos mediante su número o marca equivalente y la presencia de las señales de aviso de riesgo eléctrico.
- Revisar el estado de las canalizaciones y sujeción de los cables aislados en los apoyos con entronque aéreo-subterráneo.
- Comprobar la limpieza de las zonas de paso de la línea aérea, con objeto de preservar las distancias de seguridad.

**CE3.4** En un supuesto práctico de inspección a distancia de una línea aérea de alta tensión mediante imágenes tomadas con cámaras de vídeo estándar desde helicóptero o vehículos aéreos tripulados remotamente, -SARP-:

- Detectar signos de corrosión en las conexiones del circuito de puesta a tierra, en el hilo de guarda, en los conductores de fase o en los apoyos metálicos, crucetas y herrajes,
- Comprobar la rotura de elementos o partes de la estructura del apoyo, la presencia de alambres rotos en los conductores de fase o cables de tierra, el estado de las grapas de amarre,

de los elementos de empalme, separadores, antivibradores, de los puentes flojos y botellas terminales,

- Revisar el estado de los aisladores -rotura, perforación, fogueado o limpieza-.
- Verificar la conservación y limpieza de los elementos de corte, protección y señalización de la línea aérea -seccionadores, autoválvulas, interruptores, fusibles cortacircuitos de expulsión, reconectores-.
- Examinar el estado de conservación de los disuadores de posada, salvapájaros, señalizadores visuales y cualquier otro demás dispositivo instalado.

**CE3.5** En un supuesto práctico de localización de puntos calientes a lo largo de la línea aérea y en las conexiones de elementos de corte y protección, analizar las imágenes tomadas con cámaras termográficas desde helicóptero o vehículos aéreos tripulados remotamente, -SARP-, describiendo los parámetros de temperatura e imágenes térmicas.

**CE3.6** En un supuesto práctico de operaciones de mantenimiento mediante ensayos en una línea aérea de alta tensión:

- Medir la continuidad y resistencia del circuito de puesta a tierra de los apoyos con un telurómetro, justificando que las condiciones y valores reales de la instalación se encuentran en los rangos aceptables establecidos en su plan de mantenimiento,
- Determinar la tensión de contacto y, en su caso, la de paso, en los apoyos frecuentados y en todos aquellos que no tengan desconexión automática de la protección, comparando los valores con los especificados en su plan de mantenimiento.

**CE3.7** Ejemplificar un informe técnico de operaciones de mantenimiento preventivo sobre los elementos constitutivos de una línea aérea de alta tensión, tales como apoyos, conductores, aisladores, órganos de corte de red, autoválvulas, red de tierra y otros, utilizando un modelo o aplicación informática establecidos por una empresa mantenedora, incluyendo el resultado de unas revisiones, posibles defectos, incidencias, modificaciones y recomendaciones de mejora.

**C4:** Aplicar técnicas de mantenimiento preventivo en cables, arquetas, galerías, soportes, red de tierra y otros elementos de una línea subterránea de alta tensión, siguiendo los procedimientos establecidos en un plan de mantenimiento y las especificaciones técnicas de un fabricante.

**CE4.1** Determinar las herramientas y equipos de protección colectiva o individual -herramienta aislada, guantes aislados, alfombra aislada, casco, pértigas aislantes- y los equipos de medida - telurómetro, miliohmímetro, medidor de aislamiento de al menos 10 kV, pértiga detectora de tensión, cámara termográfica, medidor de tensiones de paso y contacto y de resistencia con fuente de intensidad de 50 A, medidor de continuidad-, partiendo de los listados definidos en un plan de mantenimiento, mostrando las hojas de inspección, calibración y fechas de caducidad según un fabricante.

**CE4.2** Identificar el tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- en una operación de mantenimiento a partir de las informaciones obtenidas en un supuesto de operaciones previas y listado de verificaciones de un plan de mantenimiento.

**CE4.3** En un supuesto práctico de inspección visual de una línea subterránea de alta tensión en galería:

- Identificar las canalizaciones -conductores, circuitos, tensiones, propietario-, así como la presencia de señales de aviso de riesgo eléctrico a partir de la documentación y planos de la instalación, reponiéndolas en su caso.
- Comprobar el estado de líneas de enlace a tierra, puntos de puesta a tierra, conexiones equipotenciales de pantallas de cables, armaduras y partes metálicas, identificando las deficiencias a fin de planificar su reparación.

- Chequear el estado externo de los cables, así como de sujeciones y accesorios -empalmes y terminaciones-.
- Comprobar la conservación de las fijaciones a la pared de bandejas, soportes y palomillas.
- Verificar la presencia, en su caso, de animales.

**CE4.4** Enumerar los elementos a comprobar en las conversiones aéreo-subterráneas de la línea de alta tensión -medios de protección de los cables, tubos, obturaciones, elementos de maniobra y protección- indicando las posibles deficiencias.

**CE4.5** En un supuesto práctico de operación de mantenimiento mediante ensayos en una línea subterránea de alta tensión:

- Detectar puntos calientes en los conductores o sus conexiones mediante cámara termográfica.
- Medir la resistencia y la continuidad del circuito de tierra y de las conexiones de equipotencialidad -bandejas, barandillas, pantalla de los cables, tuberías, suelos metálicos de galerías- a lo largo del cable tendido, con ohmímetro.
- Medir la continuidad y la resistencia de la pantalla de los cables.
- Comprobar la tensión de contacto y, en su caso, en la de paso en galerías.
- Analizar la resistencia del aislamiento principal del cable mediante el ensayo de tensión soportada a corriente alterna o por la medida de descargas parciales.
- Comprobar la rigidez dieléctrica de la cubierta según procedimiento establecido en documentos normativos estandarizados.

**CE4.6** Ejemplificar un informe técnico de operaciones de mantenimiento preventivo sobre los elementos constitutivos de la línea subterránea de alta tensión, tales como cables, arquetas, galerías, soportes, red de tierra y otros, utilizando un modelo o aplicación informática establecidos por una empresa mantenedora, incluyendo el resultado de unas revisiones, posibles defectos, incidencias, modificaciones y recomendaciones de mejora.

**C5:** Aplicar técnicas de mantenimiento correctivo en elementos y equipos de una línea de alta tensión, tanto aérea como subterránea, en defectos o averías surgidos de manera imprevista, definiendo las reparaciones o la sustitución de materiales o equipos y los procesos de verificación de los resultados de cada intervención.

**CE5.1** Identificar los síntomas y los efectos que puede producir una avería -pérdida de suministro, sobrecalentamiento visible o por termografía, señales en el sistema de telecontrol, incendio, activación de alarmas técnicas u otros-, determinando las consecuencias para el suministro de energía o posibles riesgos para las instalaciones o el personal.

**CE5.2** En un supuesto práctico de avería detectada aplicar técnicas de diagnóstico para:

- Determinar su tipo -mecánico, eléctrico, electrónico, químico- y gravedad.
- Identificar la causa original y los elementos afectados.
- Efectuar medidas de parámetros característicos: voltaje, temperatura, distancias u otros, en puntos de test especificados en un manual de servicio.
- Establecer posibles soluciones de intervención.

**CE5.3** Identificar el tipo de trabajo a realizar -sin tensión, en proximidad o con tensión- en una operación de mantenimiento, a partir de las informaciones obtenidas en un supuesto de operaciones previas y listado de verificaciones de un plan de mantenimiento.

**CE5.4** Describir las herramientas -cizalla, equipos de pelado de cables, útiles para realización de empalmes, kits de conexión- y los equipos de protección colectiva e individual -herramienta aislada, guantes aislados, alfombra aislada, pértigas aislantes-, a partir de los listados definidos en un plan de mantenimiento según el tipo de reparación, mostrando las hojas de inspección, calibración y fechas de caducidad según un fabricante.

**CE5.5** En un supuesto práctico de reparación o sustitución de un elemento averiado:

- Determinar si se repara o se sustituye el elemento según los daños identificados.
- Desmontar el elemento -junto a otros componentes si es necesario- tomando como referencia un esquema disponible o la secuencia establecida en la documentación de un fabricante.
- Reparar o sustituir el elemento, procediendo al montaje y reponiendo las conexiones originales.

**CE5.6** Describir los procedimientos de intervención en caso de deterioro o corte de los cables de una línea aérea, en cuanto a la realización de los empalmes en el puente flojo del apoyo mediante equipos de conexión por cuña a presión, a partir de las instrucciones de un fabricante, incidiendo en la necesidad de asegurar que se mantienen las propiedades eléctricas y mecánicas.

**CE5.7** Describir los procedimientos de intervención en caso de deterioro o corte de los cables de una línea subterránea de alta tensión, detallando el proceso de localización del punto de la avería y su profundidad mediante un equipo radar o de ultrasonidos y la secuencia de realización de los empalmes en caso de perforación o defecto puntual, o sustitución de los cables si hubiera un deterioro en tramos amplios.

**CE5.8** Redactar un informe de una intervención de mantenimiento correctivo, según modelo de una empresa o entidad mantenedora habilitada, que incluya el resultado de las actuaciones, así como posibles incidencias y modificaciones.

## Capacidades cuya adquisición debe ser completada en un entorno real de trabajo

C1 respecto a CE1.6; C2 respecto a CE2.2, CE2.3 y CE2.8; C3 respecto a CE3.3, CE3.4, CE3.5 y CE3.6; C4 respecto a CE4.3 y CE4.5; C5 respecto a CE5.2 y CE5.5.

### Otras Capacidades:

Adaptarse a la organización, a sus cambios organizativos y tecnológicos, así como a situaciones o contextos nuevos.

Comunicarse eficazmente con las personas adecuadas en cada momento, respetando los canales establecidos en la organización.

Valorar el talento y el rendimiento profesional con independencia del sexo.

Demostrar cierta autonomía en la resolución de pequeñas contingencias relacionadas con su actividad.

Respetar los procedimientos y normas internas de la organización.

Respetar la igualdad de trato y de oportunidades en el ámbito laboral.

## Contenidos

### 1 Regulación de la actividad y seguridad en el mantenimiento de líneas de alta tensión

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión, en su aplicación al mantenimiento, verificaciones e inspecciones.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión en su aplicación al mantenimiento, verificaciones periódicas e inspecciones de las líneas de alta tensión.

Normativa sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, colectiva y trabajos en altura, en particular el riesgo eléctrico, según los tipos y zonas de trabajo.

Técnicas y procedimientos de trabajo sin tensión, en proximidad y con tensión, maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.

Disposiciones de seguridad para el corte de tensión. Cinco reglas de oro.

Instaladores y empresas instaladoras de líneas de alta tensión.  
Verificación, mantenimiento y utilización de los equipos de protección.  
Organismos de control habilitados -OCA-. Inspecciones, periodicidad y calificación.  
Relación de normativa vigente -estatal y autonómica- sobre impacto medioambiental de instalaciones de alta tensión.  
Contratos de mantenimiento.  
Especificaciones particulares de las empresas de transporte y distribución de energía eléctrica respecto al mantenimiento y verificación de líneas de alta tensión.  
Normativa de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE.  
Factores y situaciones de riesgo, incluso de origen no eléctrico.  
Técnicas de primeros auxilios.

## 2 Medios técnicos y equipos de protección para el mantenimiento de líneas de alta tensión

Equipos de medida y ensayo para la verificación y mantenimiento de líneas de alta tensión: tipos, descripción y características. Principios de funcionamiento.  
Evaluación de riesgos al operar con la instrumentación de medida.  
Medidores de tensiones de paso y contacto.  
Medidor de puesta a tierra: telurómetro, telurómetro de alta frecuencia.  
Medidores de aislamiento: megóhmetros para alta tensión, tangente delta, descargas parciales.  
Medidor de pequeñas resistencias: micrómetro, con inyección de intensidad.  
Equipo verificador de continuidad de conductores.  
Comprobadores de ausencia de tensión: pértigas y cabezas detectoras, acústicas y luminosas.  
Equipos de puesta a tierra y en cortocircuito.  
Detección de puntos calientes y falsas conexiones: termómetro y cámara termográfica.  
Equipo de ensayos y verificación de protecciones eléctricas: maletas de inyección de intensidad y tensión.  
Aparatos y categorías de los aparatos de medición: multímetros y otros para medición de tensiones e intensidades en corriente continua, alterna y resistencias.  
Equipos para la medida de la flecha en líneas aéreas.  
Equipos de medidas de distancias: teodolito, medidor de distancia láser o de ultrasonidos, prismáticos, estación total.  
Equipos de tracción mecánica, dinamómetros.  
Equipos de verificación de concordancia de fases y sentido de giro.  
Técnicas de medida y manejo según equipo y entorno de trabajo. Hojas de inspección, calibración, fechas de caducidad de los equipos de medida.  
Herramientas y útiles según zonas de trabajo: con tensión -en contacto, a potencial, a distancia-, en proximidad de tensión, sin tensión.  
Equipos de protección individual para trabajos con tensión, en proximidad o sin tensión: guantes, cascos, calzado, indumentaria, gafas, escaleras aislantes, pértigas aislantes, elementos de seguridad para trabajos en altura, arneses, eslingas, casco con barboquejo, líneas de vida, entre otros.  
Señalización de la obligación de usar equipos de protección individual. Aspectos a considerar en su selección y uso.  
Candados y cierres, elementos de bloqueos, señalización.  
Equipos de protección colectiva: barandillas, pasarelas, andamios y redes anticaídas, vallado perimetral, extintores de incendios, señalizaciones e indicativos, barreras de protección térmica, alfombras aislantes, pantallas aislantes, otros.  
Ropa de protección frente a los riesgos térmicos derivados del arco eléctrico. Protección ocular frente al arco eléctrico.

Herramientas para trabajos en líneas aéreas y subterráneas de alta tensión. Derivación por cuña a presión, útiles de pelado de cable aislado, cizalla, punzonadora, prensa hidráulica, entre otras.

### 3 Esquemas eléctricos y documentación en el mantenimiento de líneas de alta tensión

Normalización de la documentación electrotécnica. Simbología.

Interpretación de planos y esquemas.

Plano de situación.

Plano del perfil longitudinal y de planta de la línea aérea de alta tensión. Distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos. Distribución de los apoyos.

Planos de apoyos y cimentaciones.

Planos de detalle de aisladores, herrajes, crucetas, terminaciones, empalmes, tomas de tierra y de los distintos conjuntos de la línea aérea -cruzamientos, derivaciones, entronques aéreos-subterráneos y otros-.

Plano de planta con la situación de todos los servicios que existan en el ancho de la franja de terreno ocupada por la canalización, en líneas subterráneas de alta tensión.

Planos de detalle de cruzamientos, paralelismos, pasos, zanjas, galerías, puestas a tierra, entre otros.

Esquemas de conexionado de las pantallas de los cables aislados.

Esquemas unifilares.

Trazado del perfil longitudinal. Curvas de flecha máximas.

Documentación para la puesta en servicio.

Proyectos tipo de montaje de líneas aéreas y subterráneas de alta tensión.

Manuales de montaje de apoyos, herrajes, aisladores y otros elementos de la línea aérea: crucetas, derivaciones, soportes de equipos de maniobra y protección, elementos de telecontrol, entre otros.

Manuales de montaje de empalmes, derivaciones, terminales, entre otros elementos de la línea subterránea.

Documentación específica utilizada: plan de mantenimiento preventivo y/o predictivo, ciclos de mantenimiento, orden de trabajo, solicitud de descargo, especificaciones del fabricante, criterios de aceptación, hojas de control, parte de mantenimiento, libro de mantenimiento, histórico de la instalación y otros.

Protocolos de mantenimiento de líneas de alta tensión. Manuales de mantenimiento de equipos.

Planes de verificación e inspecciones.

### 4 Líneas de alta tensión, equipamientos y materiales a mantener

Estructura de una red eléctrica. Sistema de producción, de transporte y de distribución.

Partes de una red eléctrica: centrales eléctricas, subestaciones elevadoras y reductoras, centros de reflexión, redes de transporte y distribución, centros de reparto, centros de transformación.

Tipología de líneas de alta tensión: según la tensión- categoría especial, primera, segunda y tercera categoría-, según el tipo de conductor- desnudo o aislado-, según su conexión -radial, en bucle, doble alimentación, en huso y en espiga.

Mantenimiento y averías tipo en conductores y cables aislados: conductores desnudos, cables unipolares aislados reunidos en haz, conductores recubiertos, cables aislados. Empalmes. Conexiones. Accesorios.

Materiales y tipología de mantenimiento de los elementos de una línea aérea: cable de tierra o de guarda. Apoyos. Cimentaciones -monobloque y macizos independientes-. Crucetas. Aisladores. Cadenas de suspensión y de amarre. Otros elementos: herrajes, empalmes, conexiones, derivaciones, señalización, protección de avifauna, antiescalos, balizas. Antivibratorios. Contrapesos. Separadores. Terminales.

Revisión de la puesta a tierra en apoyos de alta tensión: Elementos del sistema de puesta a tierra. Electrodo de tierra. Líneas de tierra. Elementos de conexión: soldadura aluminotérmica, conexión por cuña a presión, grapas de conexión, apriete de tornillos.

Formas de instalación de los cables en líneas subterráneas de alta tensión: directamente enterrados, en canalización entubados, en galerías visitables, galerías o zanjas registrables, atarjeas o canales revisables y en bandejas y soportes directamente unidos a la pared.

Prescripciones particulares para instalaciones en fondos acuáticos.

Mantenimiento de líneas subterráneas de alta tensión en: zanjas, galerías visitables, registrables y atarjeas. Condiciones de disposición y sujeción de los cables, puesta a tierra y equipotencialidad.

Materiales y tipología de mantenimiento de los elementos de una línea subterránea: tubos, bandejas y soportes.

Revisión de la puesta a tierra de los cables aislados de alta tensión: pantalla metálica de los cables aislados. Electrodo de tierra. Líneas de tierra. Elementos de conexión: soldadura aluminotérmica, conexión por cuña a presión, grapas de conexión, apriete de tornillos.

Comprobación de cruzamientos, paralelismos y distancias mínimas de seguridad.

Tipos, características y funcionamiento de elementos de mando y protección: seccionadores, seccionadores de puesta a tierra, interruptores, interruptores automáticos, fusibles de alto poder de ruptura -A.P.R.-, fusibles cortacircuitos de expulsión -XS-, pararrayos y autoválvulas, reconector-reenganchador, seccionalizador, u otros.

Relés de protección: Esquema de funcionamiento, tipos de relés, características, curvas de actuación tiempo-intensidad.

Transformadores de tensión para medida y protección: tipos, características y funcionamiento.

Transformadores de intensidad para medida y protección: tipos, características y funcionamiento.

Elementos de medida y contaje.

Verificación de enclavamientos: mecánicos, eléctricos, neumáticos.

Entronque aéreo-subterráneo. Elementos y tipos de instalación.

Telemando de una red eléctrica: sistema de telecomunicaciones por fibra óptica, por onda portadora, vía radio. Detector de paso de falta. Elementos de comunicación: antenas, cables de telecomunicaciones, PLC, entre otros.

## 5 Técnicas de mantenimiento preventivo en líneas de alta tensión

Protocolos y niveles de mantenimiento preventivo.

Manuales de servicio de dispositivos, ofrecidos por los fabricantes.

Capacitación de los trabajadores.

Distancias de seguridad.

Maniobras de explotación y maniobras de corte de tensión de instalaciones eléctricas.

Señalización de las instalaciones eléctricas.

Técnicas de bloqueo: enclavamientos y seguridades en instalaciones de alta tensión.

Enclavamientos. Esquemas básicos de enclavamientos.

Procedimientos de descargo de instalaciones. Aplicación de las cinco reglas de oro.

Inspecciones visuales y por realización de medidas.

Protocolos y tiempos de verificación e inspección. Verificaciones iniciales y periódicas.

Técnicas de mantenimiento preventivo por inspecciones visuales, sensores: señalizaciones, operaciones y revisiones programadas, temperatura, detección de consumo anormal, termográfica infrarroja, puntos calientes. Análisis de imágenes y termografías.

Técnicas de mantenimiento preventivo por medidas: medida de continuidad y resistencia del circuito de puesta a tierra, medida del aislamiento principal y de la cubierta, medida de continuidad de las pantallas metálicas, medida de aislamiento en cables, medida de tensiones de paso y contacto.

Utilización de los equipos de ensayo.

Utilización de herramientas y de equipos de protección individual y colectiva.  
Clasificación de defectos: defecto muy grave, grave y leve. Tiempos de subsanación.  
Acciones destinadas a la mejora de la eficiencia energética y protección medioambiental en las operaciones de mantenimiento preventivo.

## 6 Técnicas de mantenimiento correctivo en líneas de alta tensión

Tipología de averías -mecánica, eléctrica, electrónica, química- y valoración de su gravedad.  
Técnicas de evaluación de las causas de la avería.  
Protocolos y técnicas de detección y diagnóstico -pruebas, medidas, procedimientos y elementos de seguridad-. Localización de averías en cables subterráneos -mediante ultrasonidos, equipos radar, otros-.  
Procesos de mantenimiento correctivo: pruebas u observaciones iniciales; secuencia de desmontaje y montaje; recomendaciones del fabricante; ampliaciones o actualizaciones del equipo.  
Herramientas utilizadas en el mantenimiento correctivo.  
Secuencias de desmontaje y montaje según equipo, manuales de servicio, reparación o sustitución de elementos, pruebas de funcionamiento.  
Técnicas de realización de empalmes en conductores desnudos y en cables aislados. Kits de montaje.  
Síntomas y efectos que pueden producir las averías- pérdida de suministro, sobrecalentamiento visible o por termografía, señales en el sistema de telecontrol, incendio, activación de alarmas técnicas u otros-. Consecuencias para el suministro de energía. Riesgos para las instalaciones o el personal.  
Ordenes de trabajo, especificaciones del fabricante, manuales de reparación y sustitución, parte de mantenimiento, libro de mantenimiento, histórico de averías y otros.  
Informe de intervención de mantenimiento correctivo.  
Acciones destinadas a la mejora de la eficiencia energética y protección medioambiental en las operaciones de mantenimiento correctivo.

## 7 Manipulación de conmutadores eléctricos fijos que contengan gases fluorados de efecto invernadero

Cambio climático, protocolos internacionales (Kioto), potencial de calentamiento atmosférico y otras cuestiones medioambientales.  
Normativa de ámbito europeo y nacional sobre gases fluorados de efecto invernadero y Reglamentos de aplicación.  
Propiedades físicas, químicas y ambientales del hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.  
Efectos sobre la salud de los productos de descomposición del SF<sub>6</sub>.  
Usos del SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos -aislamiento, enfriamiento del arco voltaico, etc.- y comprensión del diseño de los equipos eléctricos.  
Calidad, control de calidad y toma de muestras del SF<sub>6</sub> según las normas industriales.  
Almacenamiento y transporte de SF<sub>6</sub>.  
Manejo de equipos de extracción, recuperación del SF<sub>6</sub>, y manejo de sistemas estancos de perforación.  
Recuperación, Mezclas, Depuración y Reutilización del SF<sub>6</sub> y diferentes clases de reutilización.  
Trabajo en compartimentos abiertos con SF<sub>6</sub>, Detectores de SF<sub>6</sub>.  
Neutralización de subproductos de SF<sub>6</sub>.  
Fin de vida de equipos con atmosfera de SF<sub>6</sub>.  
Seguimiento del SF<sub>6</sub> y obligaciones de registro de los datos oportunos en virtud del Derecho nacional o comunitario o de acuerdos internacionales.  
Reducción de fugas y controles de fugas.

Tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos. Condiciones de seguridad en el manejo de estas tecnologías.

## Parámetros de contexto de la formación

### Espacios e instalaciones

Los talleres e instalaciones darán respuesta a las necesidades formativas de acuerdo con el contexto profesional establecido en la unidad de competencia asociada, teniendo en cuenta la normativa aplicable del sector productivo, prevención de riesgos laborales, accesibilidad universal y protección medioambiental. Se considerará con carácter orientativo como espacios de uso:

- Taller de 6 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.
- Instalación de 2 m<sup>2</sup> por alumno o alumna.

### Perfil profesional del formador o formadora:

1. Dominio de los conocimientos y las técnicas relacionados con la realización de operaciones de mantenimiento en líneas de alta tensión, que se acreditará mediante una de las dos formas siguientes:
  - Formación académica de nivel 2 (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) o de otras de superior nivel relacionadas con el campo profesional.
  - Experiencia profesional de un mínimo de 4 años en el campo de las competencias relacionadas con este módulo formativo.
2. Competencia pedagógica acreditada de acuerdo con lo que establezcan las Administraciones competentes.