

Transporte, Distribución y Logística Energética

Bloque II. Transporte, Distribución y Logística de Energía Eléctrica

TEMA 4. SUBESTACIONES



Ramón Lecuna Tolosa

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



4.3.1 Introducción

Definición

- Conjunto situado en un mismo lugar, de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes:
 - transformación de la tensión,
 - de la frecuencia,
 - del número de fases,
 - rectificación,
 - compensación del factor de potencia y
 - conexión de dos o más circuitos.

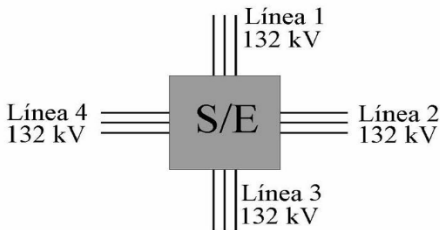
(Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación)

[Link al reglamento](#)

4.3.1 Introducción

Tipos de subestaciones

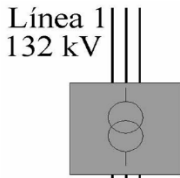
- **Según la función**
 1. De **maniobra**: destinada a la interconexión de dos o más circuitos
 - Todas las líneas que concurren en la subestación a igual tensión
 - Permite la formación de nudos en una red mallada
 - Aumenta la fiabilidad del sistema



4.3.1 Introducción

Tipos de subestaciones

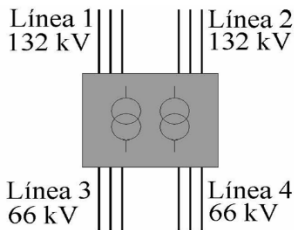
2. De **transformación pura**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel superior a otro inferior
- Necesario presencia de uno o varios transformadores
 - Niveles de transformación
 - Transporte → Subtransporte
 - Subtransporte → Reparto
 - Reparto → Distribución



4.3.1 Introducción

Tipos de subestaciones

3. De **transformación/maniobra**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel superior a otro inferior, así como a la conexión entre circuitos del mismo nivel
- Uso frecuente

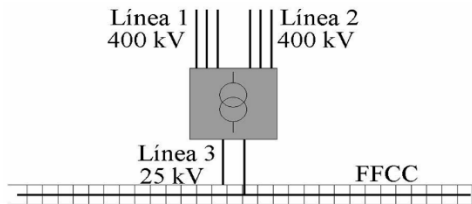


4.3.1 Introducción

Tipos de subestaciones

4. De **transformación/cambio del número de fases**: destinada a la alimentación de redes con distinto número de fases

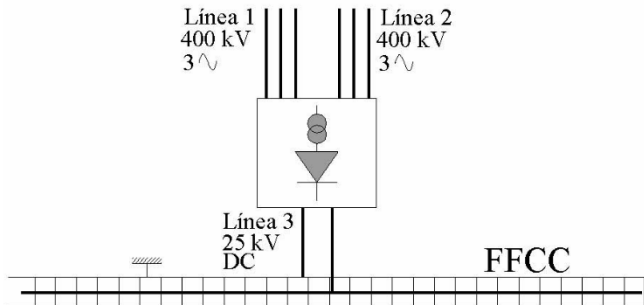
- Trifásica \longrightarrow hexafásica
- Trifásica \longrightarrow monofásica (subestación de tracción)



4.3.1 Introducción

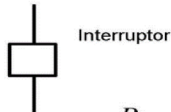
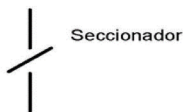
Tipos de subestaciones

5. De **rectificación**: destinada a alimentar una red en corriente continua (subestación de tracción)



4.3.2 Estructura característica de una subestación Aparamenta de maniobra y corte

- **Seccionadores:** Su misión consiste en aislar tramos de circuito de forma visible para que se pueda trabajar sobre los mismos sin peligro.
 - Abren y cierran en vacío.
 - Deben soportar la intensidad nominal de forma permanente y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.
- **Interruptores:** Su misión consiste en abrir y cerrar el circuito en carga.
 - Deben soportar intensidades normales y de cortocircuitos, y ser capaces de interrumpir estas últimas.
 - Disyuntores: Interruptores automáticos accionados mediante relés.



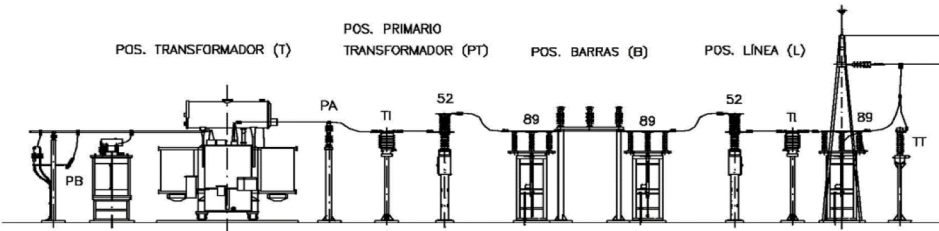
$$P_r = \sqrt{3} V_n I_r \quad (\text{KVA})$$

Poder de corte o ruptura: valor eficaz de la intensidad máxima que pueden interrumpir. Se expresa como potencia trifásica calculada en base a la tensión nominal.

4.3.2 Estructura característica de una subestación

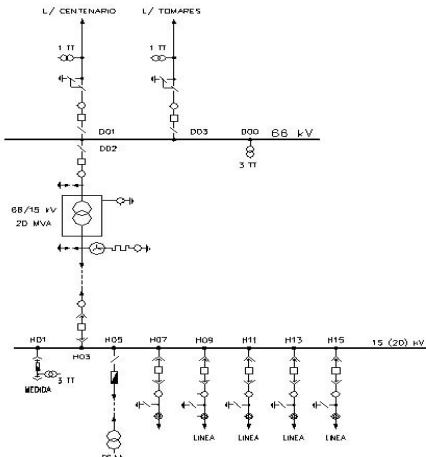
Partes principales

- Posición/es línea
- Posición/es barras/celdas lado de alta
- Posición/es primario transformador
- Posición/es barras/celdas lado de baja
- Servicios auxiliares, baterías, instalaciones de mando y control



Ejemplo de S/E 66/15 kV de intemperie. Alzado de una posición de línea, barras y transformador

4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

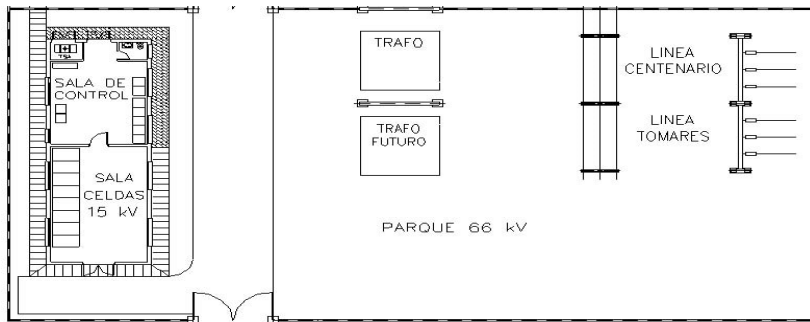


Ejemplo de S/E 66/15 kV.
Esquema eléctrico

4.3.2 Estructura característica de una subestación

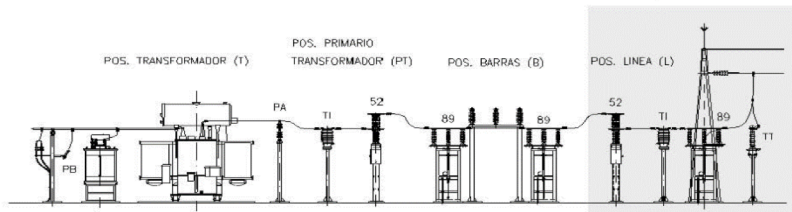
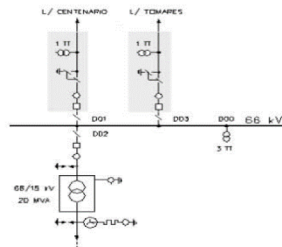
Partes principales

Ejemplo de S/E 66/15 kV. Disposición en planta



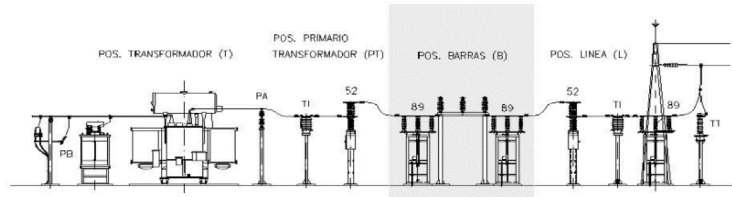
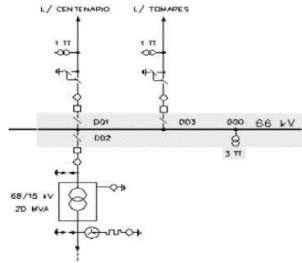
4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

- Posición línea
 - Llegada de línea (pórtico de acometida)
 - Aislamiento eléctrico y puesta a tierra
 - Medida
 - Protección automática
 - En ocasiones: protección frente a rayos



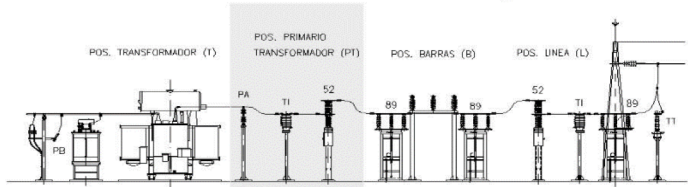
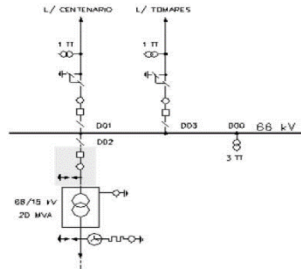
4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

- Posición barras
 - Conexión/aislamiento entre posiciones de líneas (seccionador-89)
 - Conexión/aislamiento entre posiciones de transformador (seccionador-89)
 - Medida tensiones (transf. tensión)



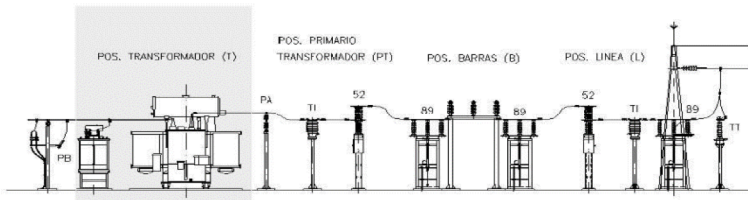
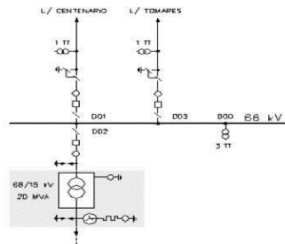
4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

- Posición primario transformador
 - Protección automática (interruptor automático-S2)
 - Medida (transf. Intensidad-TI)
 - Protección frente a rayo (pararrayos-PA)



4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

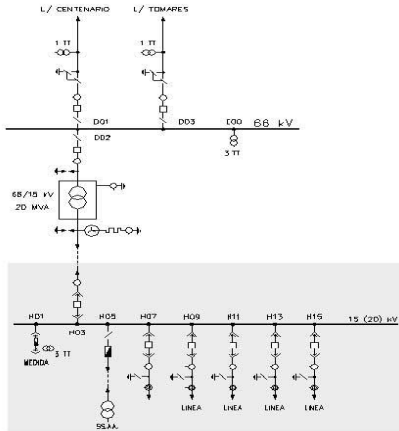
- Posición transformador
 - Protección automática (interruptor automático-S2)
 - Medida (transf. Intensidad-TI)
 - Protección frente a rayo (pararrayos-PA)



4.3.2 Estructura característica de una subestación

Partes principales

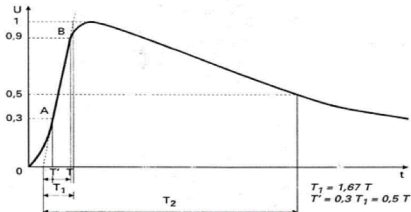
- Posición barras/celdas lado baja
 - Media tensión: celdas prefabricadas
 - Facilidad montaje
 - Integración equipos



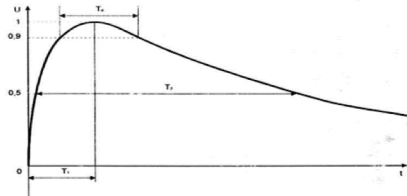
4.3.3 Aislamiento eléctrico

Nivel de Aislamiento: Capacidad para soportar sobretensiones de origen atmosférico, de maniobra y a frecuencia industrial. Definido por los valores máximos que soporta en tres ensayos normalizados:

- Onda de sobretensión a frecuencia industrial: 60 s.
- Onda de sobretensión tipo rayo: 1.2/50 μs
- Onda de sobretensión tipo maniobra: 250/2500 μs



Onda de sobretensión tipo rayo 1,2/50 (s normalizada según UNE 21308).



Onda de sobretensión tipo maniobra 250/2500 μs normalizada según UNE 21308.

4.3.4 Aparamenta de maniobra y corte Seccionador

- Aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierto, asegura una distancia de seccionamiento que satisface las condiciones especificadas
- Permite aislar la subestación de la red
- Permite aislar interruptores, transformadores, barras
- Ha de maniobrarse en vacío
- Soporta corriente de cortocircuito
- Seccionador de puesta a tierra: permite poner a tierra la línea

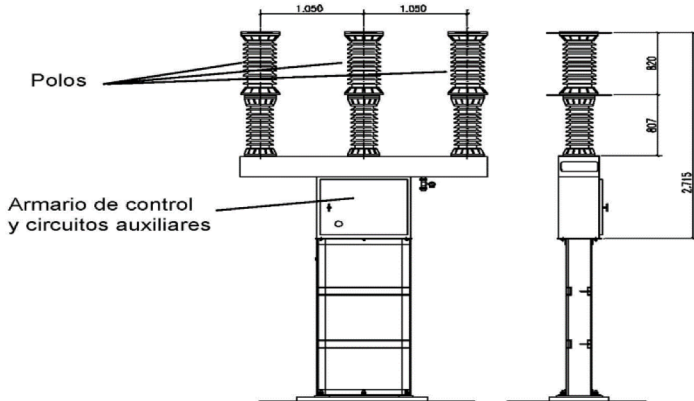
4.3.4 Aparata de maniobra y corte

Interruptor automático

- **Interruptor:** Aparato dotado de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y el cierre de un circuito, que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y otra al cierre del circuito.
- **Interruptor automático:** Interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o de interrumpir automáticamente o establecer, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito.
- Dificultad en el proceso de apertura del arco eléctrico. Equipo costoso
- Diferentes sistemas
 - Atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF_6): el más empleado actualmente
 - Pequeño volumen de aceite
 - Vacío
 - Aire comprimido
 - Soplado magnético (corriente continua)

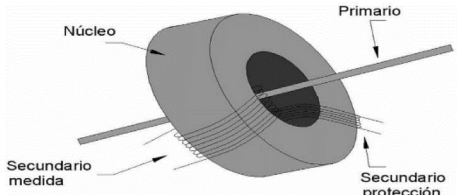
4.3.4 Aparata de maniobra y corte Interruptor automático

Interruptor SF₆ trifásico 66 kV



4.3.5 Aparata de protección y medida Transformadores de intensidad

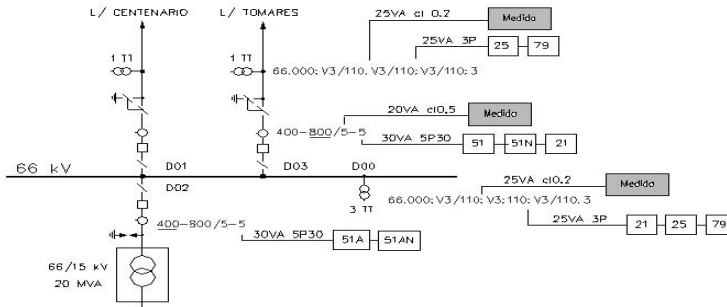
- Transforma la corriente por líneas, barras, transformador, etc., en 0-5 A baja tensión.
 - Transformador de medida:
 - Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre pequeño en la medida
 - El secundario alimenta aparatos de medida
 - Transformador de protección:
 - Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre aceptable en la medida, incluso para corrientes varias veces la nominal
 - El secundario alimenta relés de protección
 - Posibilidades:
 - Un TI para medida y otro para protección
 - Un único TI para medida y protección, con doble secundario



4.3.5 Aparatación de protección y medida Equipos de medida

- Voltímetros
- Amperímetros
- Vatímetros/vatihorímetros
- Contadores
- Totalizador/tarificador

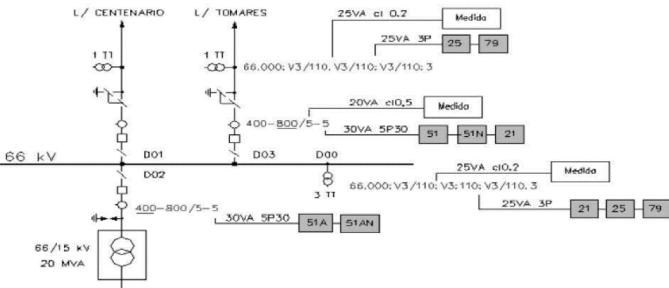
Puntos de medida en S/E 66/15 kV



4.3.5 Aparata de protección y medida Equipos de protección

- Relé de sobrecorriente (50/51)
- Relé de distancia (21)
- Relé diferencial de transformador
- Relé de sincronismo (25)

Relés de protección en S/E 66/15 kV



4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones

Criterios de diseño

- Costes de instalación
 - Número de interruptores por entrada/salida (circuito)
 - Número de seccionadores por circuito
 - Aparamenta de medida, control y protección necesaria
- Operación y maniobra
 - Posibilidades de interconexión entre circuitos
- Fiabilidad. Análisis de la continuidad de servicio ante:
 - Fallos en circuitos
 - Fallos en barras
 - Mantenimiento de interruptores
 - Fallo en apertura de interruptores

4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Configuraciones tipo

Coste



Aumenta

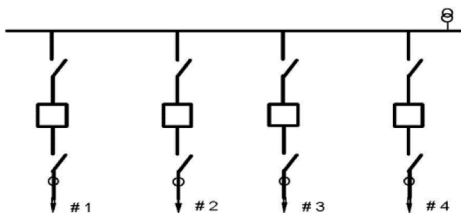
- Interruptor Sencillo - Barra simple
- Interruptor Sencillo - Barra simple partida
- Interruptor Sencillo - Barra transferencia
- Interruptor y medio
- Doble interruptor

Fiabilidad



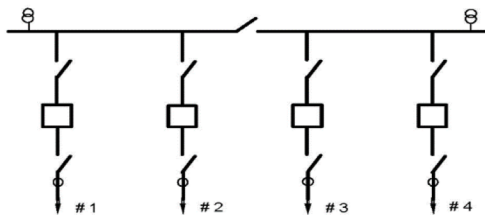
Aumenta

4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interruptor sencillo – Barra simple



- 1 Interruptor por circuito
- 2 Seccionadores por circuito
- Fallo en barra: se pierden todos los circuitos al despejar los interruptores la falta
- Fallo de interruptor al abrir: se pierden todos los circuitos al abrir el resto de interruptores
- Mantenimiento interruptor: el circuito afectado queda indisponible
- Operación con un nudo eléctrico únicamente

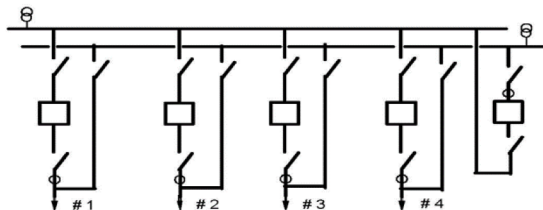
4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interrupor sencillo – Barra partida



- 1 Interruptor por circuito
- 2 Seccionadores por circuito + 1 Seccionador de barra
- Fallo en barra: tras una interrupción, sólo se pierde media barra
- Fallo de interruptor: tras una interrupción, sólo se pierde media barra
- Mantenimiento interruptor: el circuito afectado queda indisponible
- Posible operación con 2 nudos eléctricos

4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interruptor simple – barra de transferencia

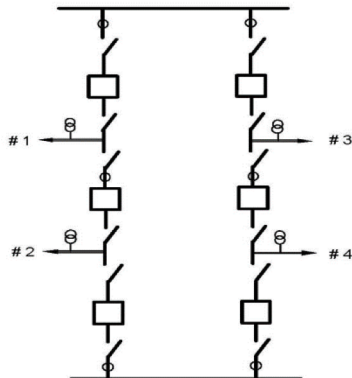
- 1 Interruptor por circuito
+ 1 de transferencia
- 3 Seccionadores por circuito
+ 2 de transferencia
- Fallo en barra: Tras un corte, continuidad de servicio. Todos los circuitos quedan protegidos por interruptor de transferencia
- Fallo Interruptor: Tras un corte, continuidad de servicio
- Mantenimiento interruptor:
Continuidad de servicio
- Operación con un nudo eléctrico



El interruptor de transferencia puede sustituir a cualquier otro interruptor

4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interruptor y medio

- 1+ ½ Interruptores por circuito
- 3 Seccionadores por circuito
- Fallo en barra: Continuidad de servicio
- Fallo de interruptor en barra: Continuidad de servicio
- Fallo de interruptor central: Se pierde un circuito
- Mantenimiento de interruptor: Continuidad de servicio
- Posible operación con 2 nudos eléctricos



4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interruptor doble – barra doble

- 2 Interruptores por circuito
- 4 Seccionadores por circuito
- Fallo en barra: continuidad de servicio
- Fallo de interruptor: continuidad de servicio
- Mantenimiento de interruptor: continuidad de servicio
- Flexibilidad interconexiones

