

# 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.

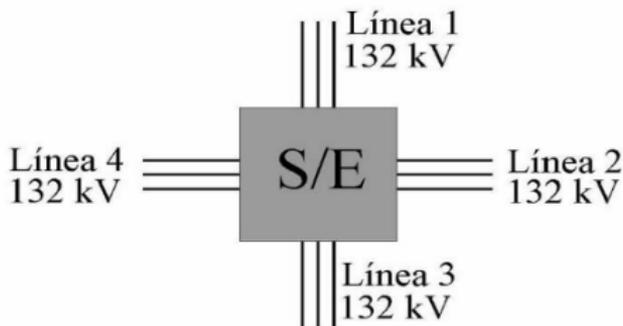
(Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación)

[Link al reglamento](#)

## 4.3.1 Introducción

### Tipos de subestaciones

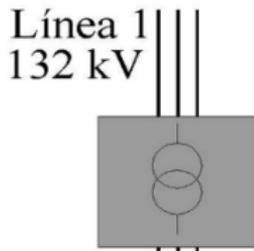
- **Según la función**
  1. De **maniobra**: destinada a la interconexión de dos o más circuitos
    - Todas las líneas que concurren en la subestación a igual tensión
    - Permite la formación de nudos en una red mallada
    - Aumenta la fiabilidad del sistema



## 4.3.1 Introducción

### Tipos de subestaciones

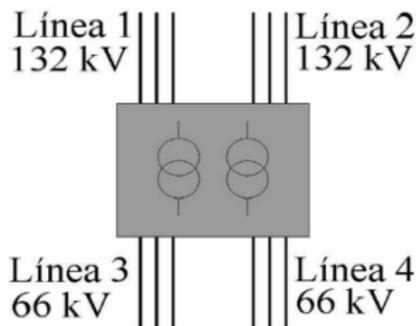
2. De **transformación pura**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel superior a otro inferior
- Necesario presencia de uno o varios transformadores
  - Niveles de transformación
    - Transporte → Subtransporte
    - Subtransporte → Reparto
    - Reparto → Distribución



## 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

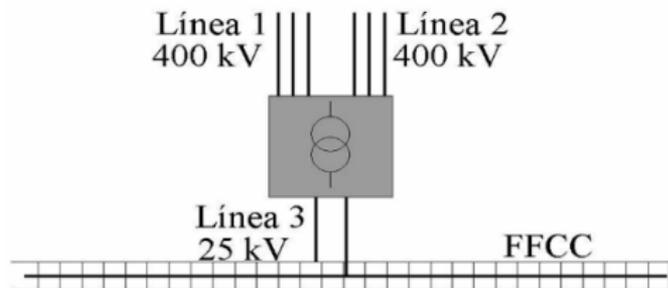


## 4.3.1 Introducción

### Tipos de subestaciones

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

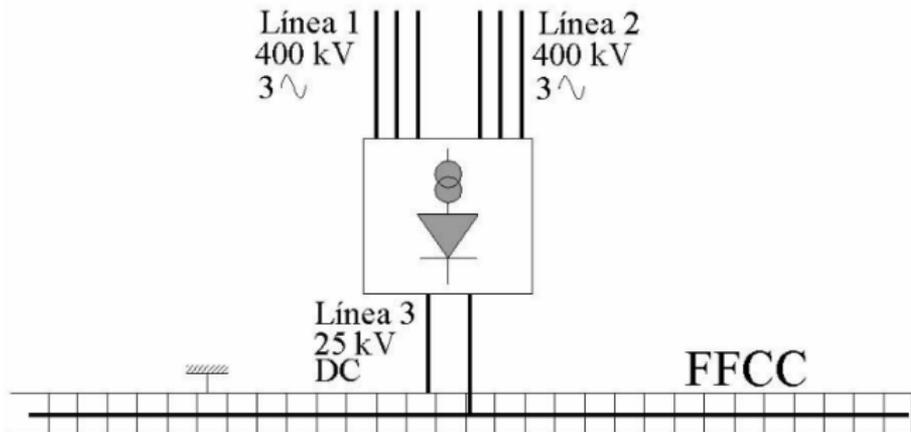
- Trifásica  $\longrightarrow$  hexafásica
- Trifásica  $\longrightarrow$  monofásica (subestación de tracción)



## 4.3.1 Introducción

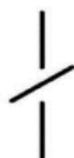
### Tipos de subestaciones

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

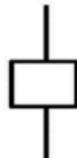


## 4.3.2 Estructura característica de una subestación Aparamenta de maniobra y corte

- **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.



Seccionador



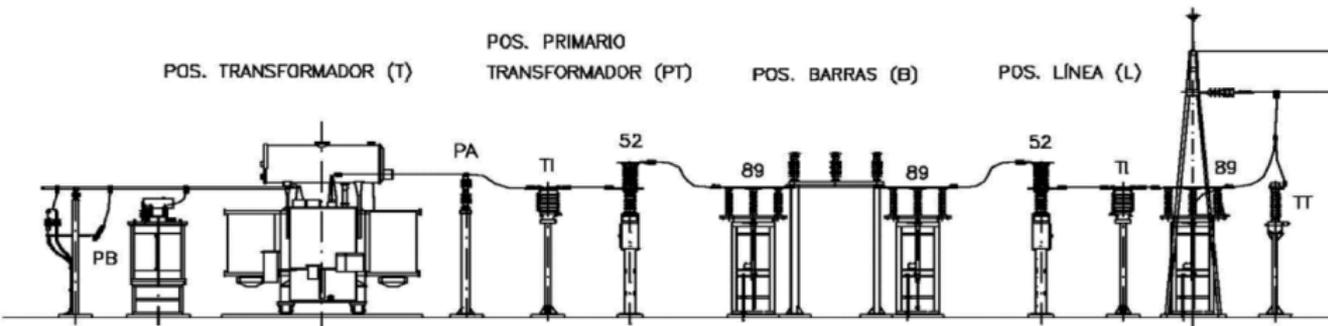
Interruptor

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

**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.

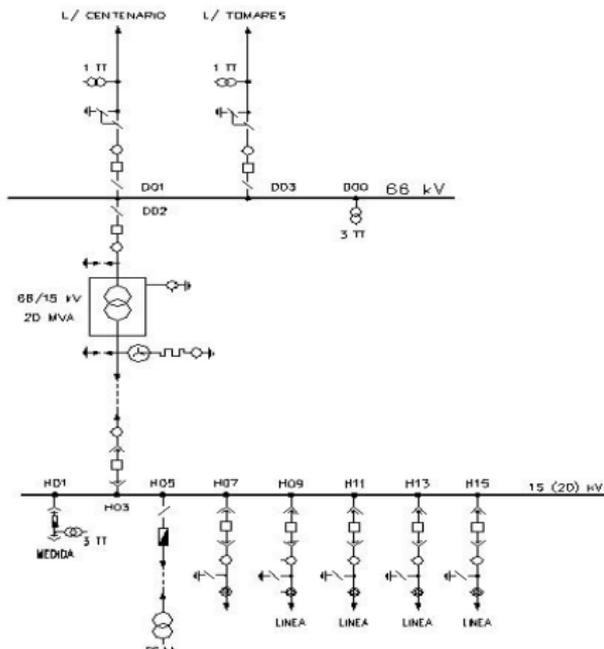
## 4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

- 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

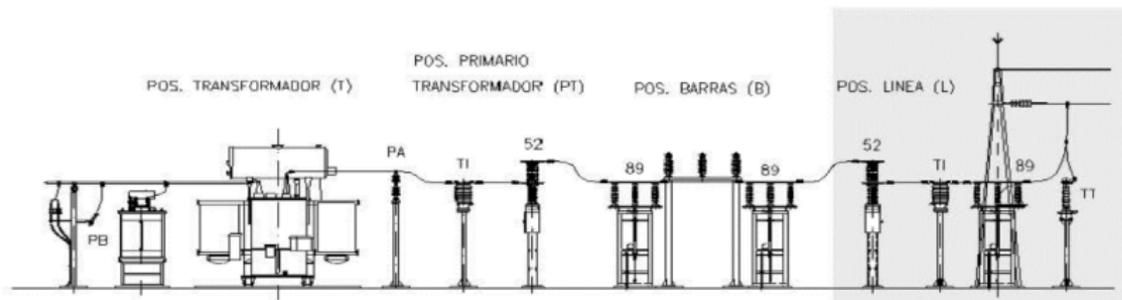
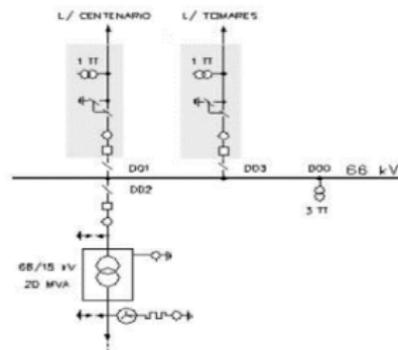
### Partes principales

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



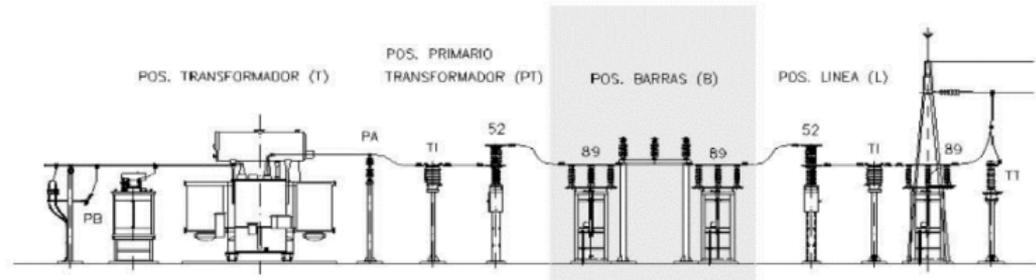
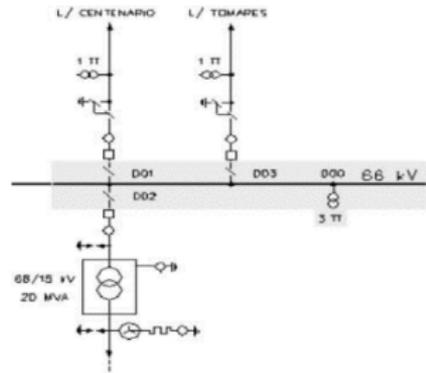
## 4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

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



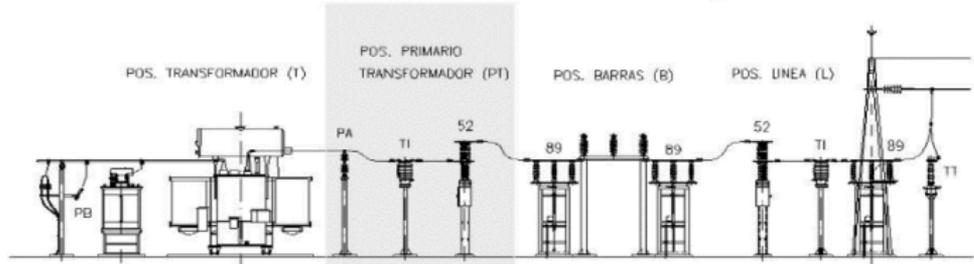
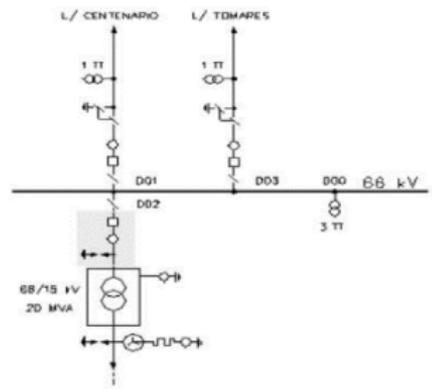
### 4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

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



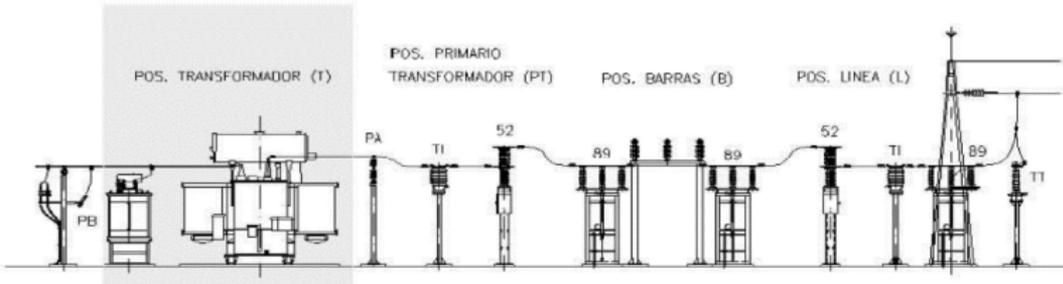
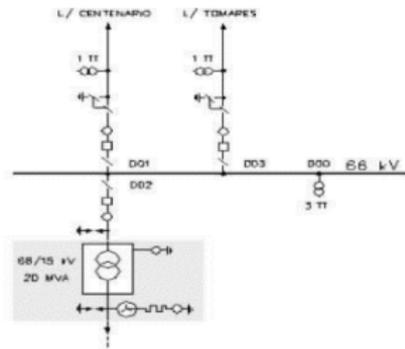
### 4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

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



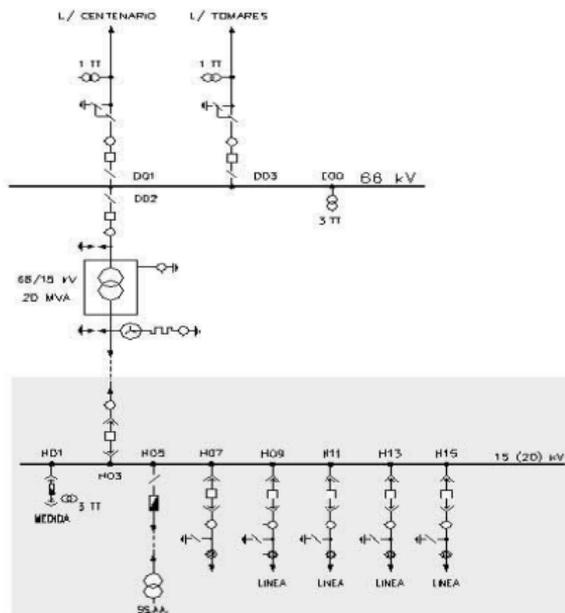
## 4.3.2 Estructura característica de una subestación Partes principales

- 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

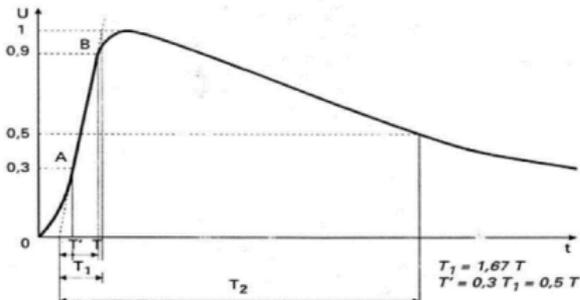
- Posición barras/celdas lado baja
  - Media tensión: celdas prefabricadas
  - Facilidad montaje
  - Integración equipos



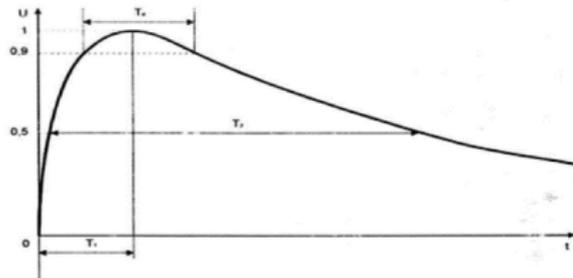
## 4.3.3 Aislamiento eléctrico

**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  $\mu$ s
- Onda de sobretensión tipo maniobra: 250/2500  $\mu$ s



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



Onda de sobretensión tipo maniobra 250/2500  $\mu$ s normalizada según UNE 21308.

### **4.3.4 Aparata 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

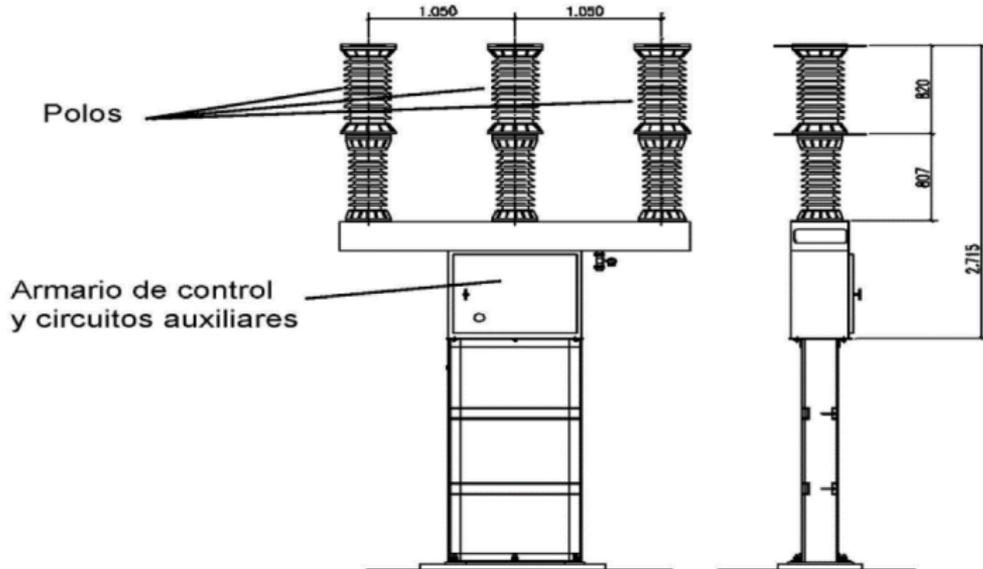
### 4.3.4 Aparata de maniobra y corte

#### 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)

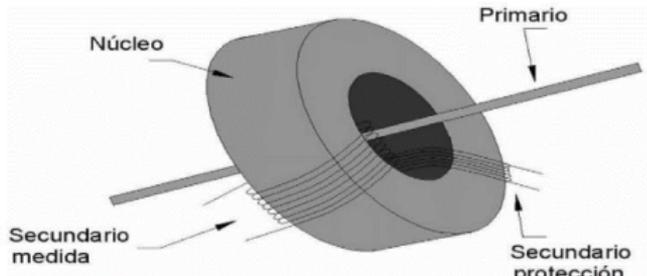
### 4.3.4 Aparata de maniobra y corte Interruptor automático

Interruptor SF<sub>6</sub> trifásico 66 kV



### 4.3.5 Aparata de protección y medida Transformadores de intensidad

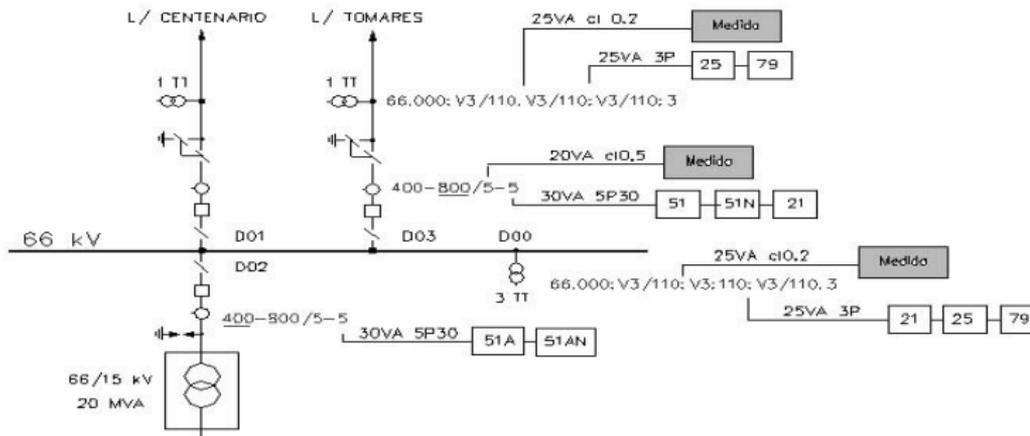
- Transforma la corriente por líneas, barras, transformador, etc., en 0-5 A baja tensión.
  - Transformador de medida:
    - Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre pequeño en la medida
    - El secundario alimenta aparatos de medida
  - Transformador de protección:
    - Se diseña para conseguir 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

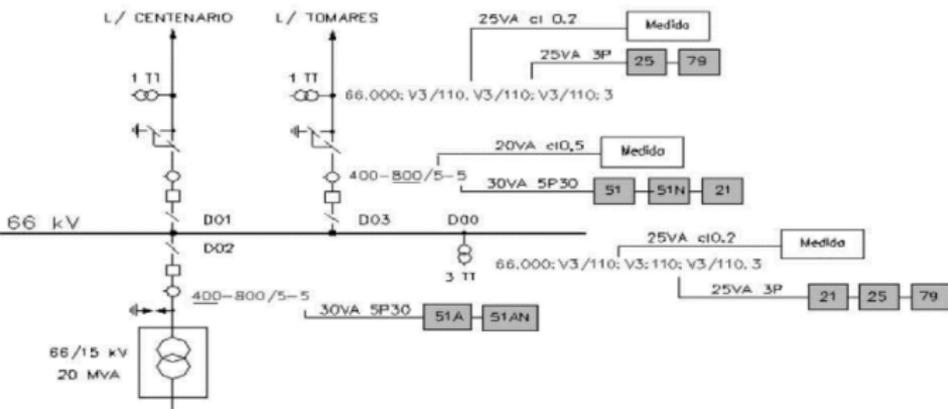
Puntos de medida en S/E 66/15 kV



## 4.3.5 Aparatación 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

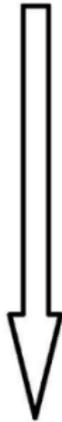
**Coste**



Aumenta

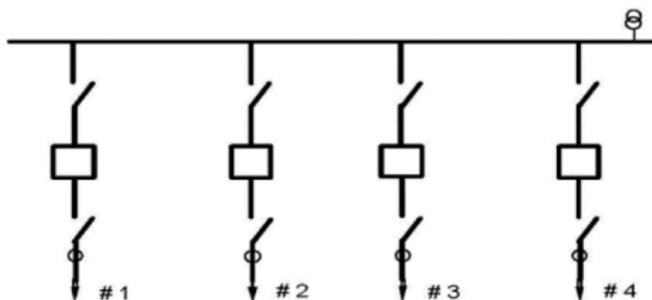
- Interruptor Sencillo - Barra simple
- Interruptor Sencillo - Barra simple partida
- Interruptor Sencillo - Barra transferencia
- Interruptor y medio
- Doble interruptor

**Fiabilidad**



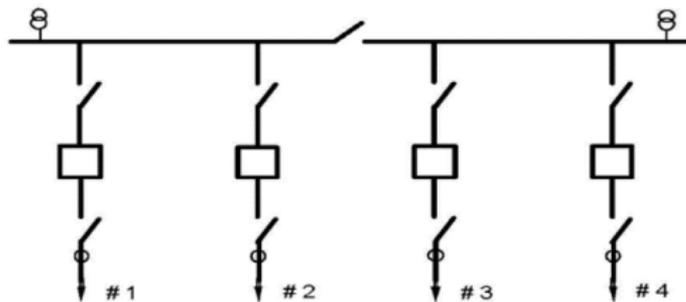
Aumenta

### 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

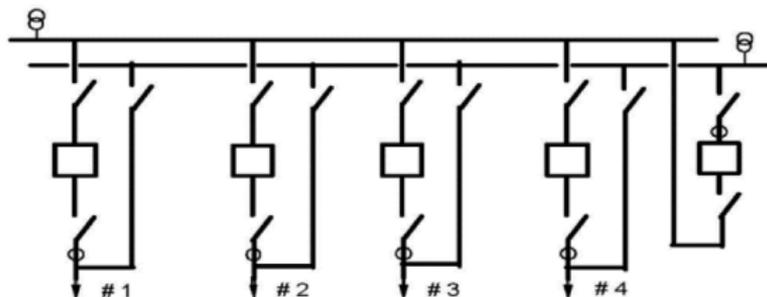
### 4.3.6 Esquemas eléctricos de subestaciones Interrupor sencillo – Barra partida



- 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

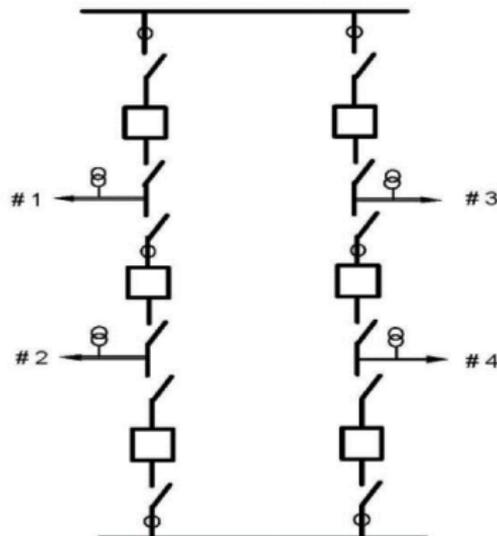
- 1 Interruptor por circuito  
+ 1 de transferencia
- 3 Seccionadores por circuito  
+ 2 de transferencia
- Fallo en barra: Tras un corte, continuidad de servicio. Todos los circuitos quedan protegidos por interruptor de transferencia
- Fallo Interruptor: Tras un corte, continuidad de servicio
- Mantenimiento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

