

Capítulo D

Guía de elección de arquitecturas MT y BT

Índice

1	Aspectos importantes para el usuario	D3
2	Proceso de diseño de arquitectura simplificado	D4
	2.1 Diseño de arquitectura	D4
	2.2 Proceso global	D5
3	Características de la instalación eléctrica	D7
	3.1 Actividad	D7
	3.2 Topología de las instalaciones	D7
	3.3 Latitud de disposición	D7
	3.4 Fiabilidad de servicio	D7
	3.5 Mantenibilidad	D8
	3.6 Flexibilidad de instalación	D8
	3.7 Demanda de potencia	D8
	3.8 Distribución de cargas	D8
	3.9 Sensibilidad a las interrupciones de alimentación	D9
	3.10 Sensibilidad a las perturbaciones	D9
	3.11 Capacidad de perturbación de los circuitos	D10
	3.12 Otras consideraciones o limitaciones	D10
4	Características tecnológicas	D11
	4.1 Entorno y atmósfera	D11
	4.2 Índice de servicios	D11
	4.3 Otras consideraciones	D12
5	Criterios de evaluación de arquitectura	D13
	5.1 Tiempo de actividad en las instalaciones	D13
	5.2 Impacto medioambiental	D13
	5.3 Nivel de mantenimiento preventivo	D14
	5.4 Disponibilidad de alimentación eléctrica	D14
6	Elección de fundamentos de arquitectura	D15
	6.1 Conexión con la red aguas arriba	D15
	6.2 Configuración de circuitos MT	D16
	6.3 Número y distribución de subestaciones de transformación MT/BT	D17
	6.4 Número de transformadores MT/BT	D18
	6.5 Generador de reserva MT	D18
7	Elección de detalles de arquitectura	D19
	7.1 Disposición	D19
	7.2 Disposición centralizada o distribuida	D20
	7.3 Presencia de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	D22
	7.4 Configuración de circuitos BT	D22
8	Elección de equipos	D25

D1

9	Recomendaciones para la optimización de la arquitectura	D26
	9.1 Actividad en las instalaciones	D26
	9.2 Impacto medioambiental	D26
	9.3 Volumen de mantenimiento preventivo	D28
	9.4 Disponibilidad de alimentación eléctrica	D28
10	Glosario	D29
11	Software ID-Spec	D30
12	Ejemplo: instalación eléctrica en una imprenta	D31
	12.1 Breve descripción	D31
	12.2 Características de la instalación	D31
	12.3 Características tecnológicas	D31
	12.4 Criterios de evaluación de arquitectura	D32
	12.5 Elección de soluciones tecnológicas	D34

1 Aspectos importantes para el usuario

D3

Elección de arquitectura de distribución

La elección de una arquitectura de distribución afecta de manera decisiva al rendimiento de la instalación durante todo su ciclo de vida:

- Desde la fase de fabricación, las elecciones que se realicen pueden influir considerablemente en el tiempo de instalación, las posibilidades de ritmo de trabajo, las competencias necesarias de los equipos de instalación, etc.
- También se verá afectado el rendimiento durante la fase de funcionamiento en cuanto a la calidad y la continuidad de la fuente de alimentación de las cargas sensibles y las pérdidas de potencia en los circuitos de alimentación.
- Y finalmente, se influirá sobre la proporción de la instalación que podrá ser reciclada en la fase de finalización de la vida útil.

La arquitectura de distribución eléctrica de una instalación implica la configuración espacial, la elección de fuentes de alimentación, la definición de diferentes niveles de distribución, el diagrama de una sola línea y la elección de equipos.

La elección de la mejor arquitectura se basa a menudo en la búsqueda de un compromiso entre los diversos criterios de rendimiento que interesan al cliente que utilizará la instalación en las diferentes fases de su ciclo de vida. Cuanto antes encontremos soluciones, más posibilidades de optimización se ofrecerán (ver la **Figura D1**).

Potencial de optimización

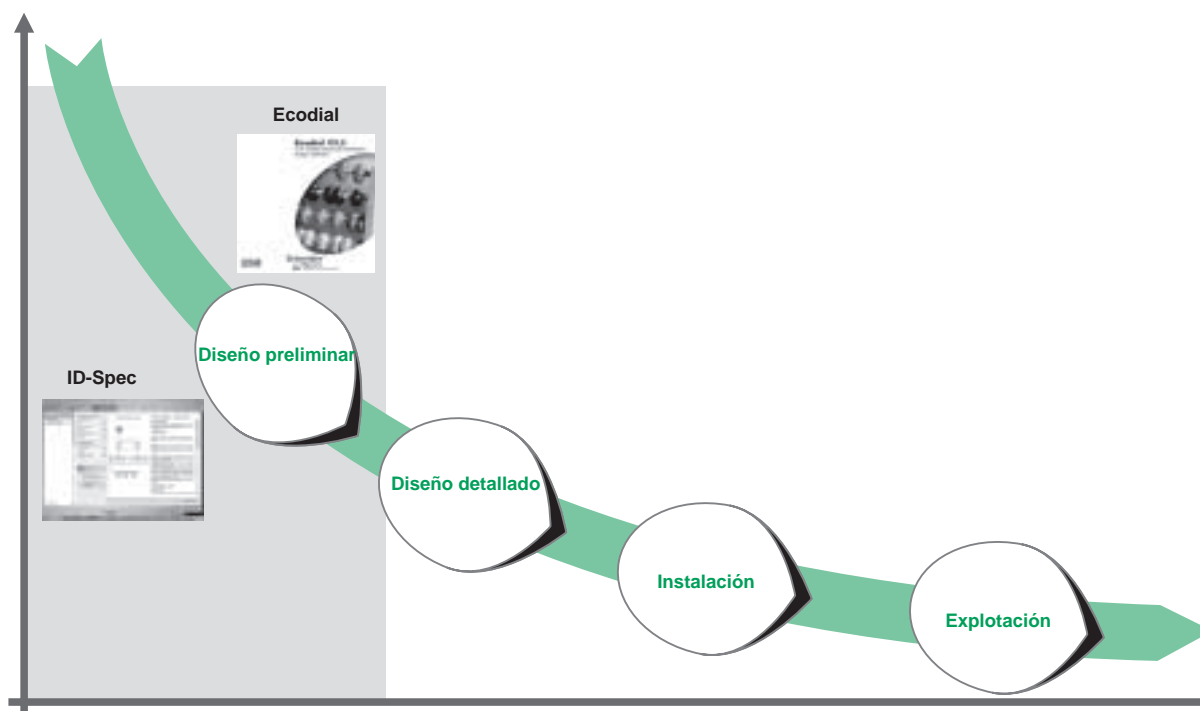


Fig. D1: Potencial de optimización.

La búsqueda adecuada de una solución óptima también está estrechamente relacionada con la posibilidad de intercambio entre los diversos participantes implicados en el diseño de las diferentes secciones de un proyecto:

- El arquitecto que define la organización del edificio, de acuerdo con las necesidades del usuario.
- Los diseñadores de las diferentes secciones técnicas (iluminación, calefacción, aire acondicionado, fluidos, etc.).
- Los representantes del usuario, p. ej. encargados de definir el proceso.

En los siguientes párrafos se describen los criterios de selección y el proceso de diseño de arquitectura necesarios para cumplir los criterios de rendimiento del proyecto en el contexto de los edificios industriales y terciarios (excluidas las instalaciones de gran tamaño).

2 Proceso de diseño de arquitectura simplificado

2.1 Diseño de arquitectura

El diseño de la arquitectura tratado en este documento se sitúa en la fase de diseño de borrador. Normalmente, cubre los niveles de distribución principal MT/BT, la distribución de alimentación BT y, de forma excepcional, el nivel de distribución terminal (ver la **Figura D2**).

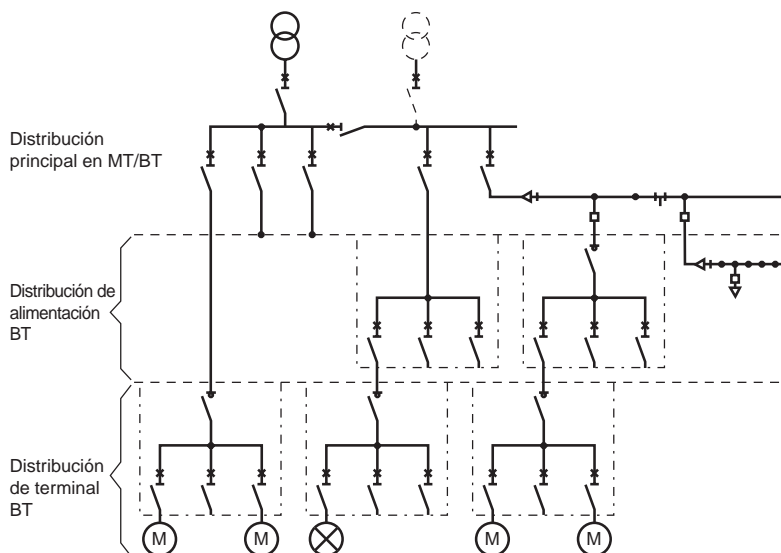


Fig. D2: Ejemplo de esquema unifilar.

El diseño de una arquitectura de distribución eléctrica puede describirse a través de un proceso de tres fases, con posibilidades iterativas. En este proceso se tienen en cuenta las características de la instalación y los criterios que deben cumplirse.

2.2 Proceso global

El proceso global se describe brevemente en los siguientes párrafos y se ilustra en la **Figura D3**.

El proceso descrito en este documento no se considera la única solución. Este documento constituye una guía destinada a los diseñadores de instalaciones eléctricas.

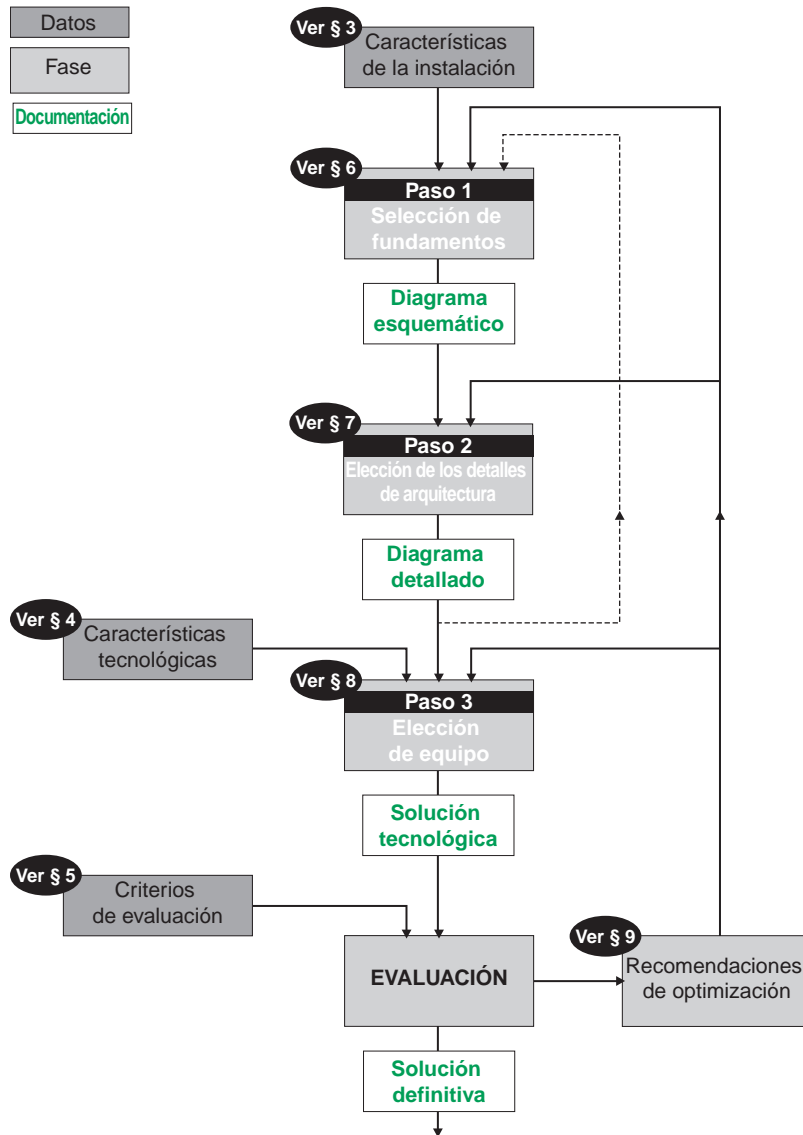


Fig. D3: Diagrama de flujo para elegir la arquitectura de distribución eléctrica.

Paso 1: Elección de fundamentos de arquitectura de distribución

Implica la definición de las características generales de la instalación eléctrica. Se tienen en cuenta las características macroscópicas referentes a la instalación y su uso. Estas características afectan a la conexión con la red aguas arriba, los circuitos MT, el número de subestaciones de transformadores, etc. Al finalizar este paso, contamos con varias soluciones de diagrama esquemático de distribución que se utilizan como un punto inicial para el esquema unifilar. La elección definitiva se confirma al concluir el paso 2.

2 Proceso de diseño de arquitectura simplificado

D6

Paso 2: Elección de detalles de arquitectura

Implica la definición de la instalación eléctrica con mayor detalle. Se basa en los resultados del paso anterior, así como en el cumplimiento de los criterios relativos a la implantación y utilización de la instalación.

El proceso vuelve al paso 1 si los criterios no se cumplen. Un proceso iterativo permite analizar varias combinaciones de criterios de evaluación. Al finalizar este paso contamos con un esquema unifilar detallado.

Paso 3: Elección de equipos

La elección de los equipos que se van a implantar se lleva a cabo en esta fase y resulta de la elección de la arquitectura. La elección se realiza a partir de los catálogos del fabricante, con el fin de cumplir determinados criterios.

Esta fase vuelve al paso 2 si no se cumplen las características.

Evaluación

Este paso de evaluación permite a la ingeniería disponer de cifras que podrán utilizarse como base para las conversaciones mantenidas con el cliente y los demás participantes. Dependiendo de los resultados se puede volver al paso 1.

3 Características de la instalación eléctrica

Estas son las características de instalación principales que permiten la definición de los fundamentos y detalles de la arquitectura de distribución eléctrica. Para cada una de estas características, ofrecemos una definición y las diferentes categorías o posibles valores.

3.1 Actividad

Definición

Actividad económica principal realizada en las instalaciones.

Lista indicativa de sectores considerados para edificios industriales

- Fabricación.
- Alimentos y bebidas.
- Logística.

Lista indicativa de sectores considerados para edificios terciarios

- Edificios de oficinas.
- Hipermercados.
- Centros comerciales.

3.2 Topología de las instalaciones

Definición

Características arquitectónicas de los edificios, teniendo en cuenta el número de edificios, el número de plantas y la superficie de cada planta.

Categorías diferentes

- Edificios de un solo nivel.
- Edificios de varios niveles.
- Instalaciones de varios edificios.
- Edificios de gran altura.

3.3 Latitud de disposición

Definición

Característica, teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a la disposición de los equipos eléctricos en el edificio:

- Estética.
- Accesibilidad.
- Presencia de ubicaciones dedicadas.
- Uso de pasillos técnicos (por planta).
- Uso de conductos técnicos (verticales).

Categorías diferentes

- Baja: la posición de los equipos eléctricos se impone prácticamente en su totalidad.
- Media: la posición de los equipos eléctricos se impone parcialmente, en detrimento de los criterios que deben cumplirse.
- Alta: no hay limitaciones. La posición de los equipos eléctricos puede definirse para cumplir mejor los criterios.

3.4 Fiabilidad de servicio

Definición

Capacidad de un sistema de alimentación de cumplir su función de suministro en las condiciones establecidas durante un periodo de tiempo específico.

Categorías diferentes

- Mínima: este nivel de fiabilidad de servicio implica el riesgo de interrupciones relacionadas con las limitaciones geográficas (red aparte, área alejada de los centros de producción de energía), técnicas (línea aérea, sistema incorrectamente mallado) o económicas (mantenimiento insuficiente, generación subdimensionada).
- Estándar.
- Mejorada: este nivel de fiabilidad de servicio puede obtenerse a través de medidas especiales tomadas para reducir la probabilidad de interrupción (red subterránea, mallado resistente, etc.).

3.5 Mantenibilidad

Definición

Características introducidas durante el diseño para limitar el impacto de las acciones de mantenimiento en el funcionamiento de la totalidad o de parte de la instalación.

Categorías diferentes

- Mínima: la instalación debe interrumpirse para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento.
- Estándar: las operaciones de mantenimiento pueden llevarse a cabo durante las operaciones de instalación, pero el rendimiento se verá afectado. Estas operaciones deberán programarse preferentemente durante periodos de baja actividad. Ejemplo: varios transformadores con redundancia parcial y deslastrado.
- Mejorada: se toman medidas especiales para permitir llevar a cabo las operaciones de mantenimiento sin que resulten afectadas las operaciones de instalación. Ejemplo: configuración redundante.

3.6 Flexibilidad de instalación

Definición

Posibilidad de desplazar fácilmente los puntos de suministro eléctrico dentro de la instalación o de incrementar la alimentación suministrada en determinados puntos. La flexibilidad es un criterio que también aparece debido a la incertidumbre del edificio durante la fase de resumen del proyecto previo.

Categorías diferentes

- Sin flexibilidad: la posición de las cargas se fija durante el ciclo de vida, debido a las grandes limitaciones relacionadas con la construcción del edificio o el elevado peso del proceso ofrecido. P. ej. trabajos de fundición.
- Flexibilidad de diseño: el número de puntos de suministro, la potencia de las cargas o su ubicación no se conocen con precisión.
- Flexibilidad de implantación: las cargas pueden instalarse tras la puesta en marcha de la instalación.
- Flexibilidad de funcionamiento: la posición de las cargas oscilará, según la reorganización del proceso.

Ejemplos:

- Edificios industriales: extensión, distribución y cambio de uso.
- Edificios de oficinas: distribución.

3.7 Demanda de potencia

Definición

La suma de la potencia de carga aparente (en kVA), a la que se aplica un coeficiente de uso, representa la potencia máxima que puede consumirse en un momento determinado en las instalaciones, con la posibilidad de sobrecargas limitadas que sean de corta duración.

Los rangos de potencia significativos corresponden a los límites de potencia de transformador utilizados con mayor frecuencia:

- < 630 kVA.
- De 630 a 1.250 kVA.
- De 1.250 a 2.500 kVA.
- > 2.500 kVA.

3.8 Distribución de cargas

Definición

Característica relacionada con la uniformidad de la distribución de cargas (en kVA/m²) en una zona determinada o en todo el edificio.

Categorías diferentes

- Distribución uniforme: las cargas son normalmente de potencia media o baja y se extienden por toda la superficie o en una gran extensión del edificio (densidad uniforme). P. ej. iluminación, estaciones de trabajo individuales.
- Distribución intermedia: las cargas son normalmente de potencia media, localizadas en grupos por toda la superficie del edificio. P. ej. máquinas de montaje, transporte, estaciones de trabajo, "instalaciones" de logística modulares.
- Cargas localizadas: las cargas son normalmente de alta potencia y se localizan en diversas zonas del edificio (densidad no uniforme). P. ej. sistema HVAC.

3.9 Sensibilidad a las interrupciones de alimentación

Definición

Capacidad de un circuito de aceptar una interrupción de alimentación.

Categorías diferentes

- Circuito “deslastrable”: posibilidad de corte en cualquier momento durante un periodo de tiempo indefinido.
- Interrupción larga aceptada: tiempo de interrupción > 3 minutos*.
- Interrupción corta aceptada: tiempo de interrupción < 3 minutos*.
- Ninguna interrupción aceptada.

Podemos distinguir diversos niveles de gravedad de una interrupción de alimentación, según las posibles consecuencias:

- Sin consecuencias importantes.
- Pérdida de producción.
- Deterioro de las instalaciones de producción o pérdida de información confidencial.
- Peligro mortal.

Se expresa en términos de criticidad de suministro de cargas o circuitos:

- No crítica. La carga o el circuito pueden “deslastrarse” en cualquier momento. P. ej. circuito de calefacción de aguas sanitarias.
- Baja criticidad. Una interrupción de alimentación ocasiona una molestia temporal para los ocupantes de un edificio, sin ninguna consecuencia económica. Si la interrupción se prolonga y supera el periodo de tiempo crítico puede ocasionar una pérdida de producción o una reducción de la productividad. P. ej. circuitos de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).
- Criticidad media. Una interrupción de alimentación ocasiona una breve parada en el proceso o servicio. Si la interrupción se prolonga y supera el periodo de tiempo crítico, puede ocasionar un deterioro de las instalaciones de producción o un coste de arranque para la nueva puesta en funcionamiento. P. ej. unidades refrigeradas, ascensores.
- Alta criticidad. Cualquier interrupción de alimentación ocasiona un daño mortal o pérdidas económicas inaceptables. P. ej. sala de teatro en funcionamiento, departamento informático, departamento de seguridad.

3.10 Sensibilidad a las perturbaciones

Definiciones

Capacidad de un circuito de funcionar correctamente en presencia de una perturbación de alimentación eléctrica.

Una perturbación puede ocasionar diversos grados de mal funcionamiento.

P. ej. interrupción del funcionamiento, funcionamiento incorrecto, desgaste acelerado, aumento de pérdidas, etc.

Tipos de perturbaciones que afectan a las operaciones del circuito:

- Apagones parciales.
- Sobretensiones.
- Distorsión de tensión.
- Fluctuaciones de tensión.
- Desequilibrio de tensión.

Categorías diferentes

- Sensibilidad baja: las perturbaciones en las tensiones de suministro afectan de forma mínima a las operaciones. P. ej. dispositivo de calentamiento.
- Sensibilidad media: las perturbaciones de tensión ocasionan un importante deterioro de las operaciones. P. ej. motores, iluminación.
- Alta sensibilidad: las perturbaciones de tensión pueden ocasionar interrupciones en el funcionamiento o incluso el deterioro de los equipos suministrados. P. ej. equipos de IT.

La sensibilidad de los circuitos a las perturbaciones determina el diseño de los circuitos de alimentación compartidos o dedicados. En efecto, conviene separar las cargas “sensibles” de las cargas “perturbadoras”. P. ej. separación de los circuitos de iluminación de los circuitos de suministro de motores.

Esta elección también depende de las características de funcionamiento.

P. ej. suministro de alimentación independiente de los circuitos de iluminación para permitir la medición del consumo de potencia.

* Valor indicativo, ofrecido por el estándar EN 50160: “Características de la tensión proporcionadas por las redes de distribución públicas”.

3.11 Capacidad de perturbación de los circuitos

Capacidad de un circuito de perturbar el funcionamiento de los circuitos de alrededor debido a fenómenos tales como: armónicos, corriente de entrada, desequilibrio, corrientes de alta frecuencia, radiación electromagnética, etc.

Categorías diferentes

- Sin perturbación: no hay que tomar ninguna precaución especial.
- Perturbación moderada u ocasional: puede ser necesaria una fuente de alimentación aparte en presencia de circuitos de sensibilidad alta o media. P. ej. circuito de iluminación que genere corrientes armónicas.
- Perturbación elevada: para el correcto funcionamiento de la instalación, resulta esencial contar con un circuito de alimentación dedicado o con medios para atenuar las perturbaciones. P. ej. motor eléctrico con una fuerte corriente de arranque, equipos de soldadura con corriente fluctuante.

3.12 Otras consideraciones o limitaciones

- Entorno. P. ej. clasificación de iluminación, exposición al sol.
- Normas específicas. P. ej. hospitales, edificios de gran altura, etc.
- Norma del distribuidor de energía. P. ej. límites de potencia de conexión para BT, acceso a subestación MT, etc.
- Cargas de acoplamiento. Cargas acopladas a dos circuitos independientes por motivos de redundancia.
- Experiencia del diseñador. Coherencia con los diseños anteriores o uso parcial de diseños previos, estandarización de subconjuntos, existencia de una base de equipos instalada.
- Limitaciones de fuente de alimentación de carga. Nivel de tensión (230 V, 400 V, 690 V), sistema de tensión (monofásico, trifásico con o sin neutro, etc.).

Las soluciones técnicas consideradas corresponden a los diversos tipos de equipos MT y BT, así como a las canalizaciones eléctricas prefabricadas. La elección de soluciones tecnológicas se realiza tras elegir un esquema unificar y de acuerdo con las características que se indican a continuación.

4.1 Entorno y atmósfera

Recopilación de todas las limitaciones ambientales (temperatura ambiente media, altitud, humedad, corrosión, polvo, impactos, etc.) y agrupación de los índices de protección IP e IK.

Categorías diferentes:

- Estándar: sin limitaciones ambientales especiales.
- Mejorada: entornos difíciles, varios parámetros ambientales generan importantes limitaciones para los equipos instalados.
- Específica: entorno atípico, que requiere mejoras especiales

4.2 Índice de servicios

El índice de servicios (IS) es un valor que nos permite caracterizar un cuadro de distribución BT según las necesidades de funcionamiento, mantenimiento y escalabilidad del usuario.

Los diferentes valores del índice se indican en la siguiente tabla (Figura D4).

	Funcionamiento	Mantenimiento	Actualización
Nivel 1	IS = 1 •• La operación puede conducir a la completa interrupción del cuadro de distribución	IS = • 1 • La operación puede conducir a la completa interrupción del cuadro de distribución	IS = •• 1 La operación puede conducir a la completa interrupción del cuadro de distribución
Nivel 2	IS = 2 •• La operación puede conducir a la interrupción de una única unidad funcional	IS = • 2 • La operación puede conducir a la interrupción de una única unidad funcional, con conexiones activas	IS = •• 2 La operación puede conducir a la interrupción únicamente de la unidad funcional, con las unidades funcionales suministradas para reserva
Nivel 3	IS = 3 •• La operación puede conducir a la interrupción de la alimentación sólo de la unidad funcional	IS = • 3 • La operación puede conducir a la interrupción de una única unidad funcional, sin conexiones activas	IS = •• 3 La operación puede conducir a la interrupción únicamente de la unidad funcional, con total libertad en cuanto a la actualización

Fig. D4: Diferentes valores de índice.

- Ejemplos de un evento de operación: desactivación de un interruptor automático, cambio de funcionamiento para activar/desactivar una máquina.
- Ejemplo de una operación de mantenimiento: fijación de conexiones.
- Ejemplo de una operación de actualización: conexión de una unidad de alimentación adicional.

IS	Funcionamiento	Mantenimiento	Actualización
1 1 1	Desactivación de todo el cuadro de distribución	Periodo de operación > 1 h, sin ninguna disponibilidad	Ampliación no planificada
2 1 1	Desactivación individual de la unidad funcional y puesta en marcha de nuevo < 1 h	Periodo de operación entre 15 min y 1 h, con conexiones activas	Possible incorporación de unidades funcionales sin interrupción del cuadro de distribución
2 2 3			Possible incorporación de unidades funcionales con interrupción del cuadro de distribución
2 3 2		Periodo de operación entre 15 min y 1 h, sin conexiones activas	Possible incorporación de unidades funcionales sin interrupción del cuadro de distribución
2 3 3			Possible incorporación de unidades funcionales con interrupción del cuadro de distribución
3 3 2	Desactivación individual de la unidad funcional y puesta en marcha de nuevo < 15 min		Possible incorporación de unidades funcionales con interrupción del cuadro de distribución
3 3 3			Possible incorporación de unidades funcionales sin interrupción del cuadro de distribución

Fig. D5: Índices de servicios relevantes (IS).

D12

Existe un número limitado de índices de servicios relevantes (ver la **Figura D5**).
Correspondencia entre el índice de servicios y otros parámetros mecánicos (**Figura D6**).

Índice de servicios IS	Índice de protección IP	Formato	Capacidad de extracción de unidad funcional	Capacidad de extracción de aparamenta
1 1 1	2 X X	1	F F F	Fijo
2 1 1	2 X B	1	F F F	Fijo
2 2 3	2 X B	3b	W F D	Fijo
2 3 2	2 X B	3b	W F W	Base extraíble
2 3 3	2 X B	3b	W F D	Fijo
3 3 2	2 X B	3b	W W W	Soporte extraíble
3 3 3	2 X B	3b	W W W	Soporte extraíble

Fig. D6: Correspondencia entre el índice de servicios y otros parámetros mecánicos.

- Definición del índice de protección: ver IEC 60529 "Grado de protección ofrecido por las envolventes (código IP)".
- Definiciones de la forma y capacidad de extracción: ver IEC 60439-1 "Conjuntos de aparamenta de baja tensión; parte 1: conjuntos homologados y parcialmente homologados".

4.3 Otras consideraciones

Existen otras consideraciones que afectan a la elección de soluciones tecnológicas:

- Experiencia del diseñador.
- Coherencia con diseños anteriores o uso parcial de diseños previos.
- Estandarización de subconjuntos.
- La existencia de una base de equipos instalada.
- Requisitos de compañías eléctricas.
- Criterios técnicos: factor de potencia objetivo, potencia de carga de reserva, presencia de generadores de armónicos...

Estas consideraciones deberán tenerse en cuenta durante la fase de definición eléctrica detallada que sigue a la fase de diseño de borrador.

5 Criterios de evaluación de arquitectura

D13

Algunos criterios decisivos se evalúan al finalizar las tres fases del proceso de definición, con el fin de validar la elección de la arquitectura. Estos criterios se indican a continuación con los diferentes niveles de prioridad asignados.

5.1 Tiempo de actividad en las instalaciones

Tiempo destinado a implantar los equipos eléctricos en las instalaciones.

Diferentes niveles de prioridad

- Secundario: el tiempo de actividad en las instalaciones puede ampliarse, si ello conlleva a una reducción de los costes generales de instalación.
- Especial: el tiempo de actividad en las instalaciones deberá reducirse al mínimo, sin generar ningún coste excesivo significativo.
- Crítico: el tiempo de actividad en las instalaciones deberá reducirse lo máximo posible, de forma obligatoria, incluso si esto genera un coste de instalación total superior.

5.2 Impacto medioambiental

Se consideran las limitaciones medioambientales en el diseño de la instalación. Para ello se tiene en cuenta: el consumo de los recursos naturales, las pérdidas de julios (relacionadas con la emisión de CO₂), el potencial de "reciclabilidad", durante todo el ciclo de vida de la instalación.

Diferentes niveles de prioridad

- No significativo: no se otorga especial importancia a las limitaciones medioambientales.
- Mínimo: la instalación se ha diseñado con unos requisitos legales mínimos.
- Proactivo: la instalación se ha diseñado con un especial interés en la protección del medio ambiente. En esta situación se admite un exceso de costes. P. ej. uso de transformadores de baja pérdida.

El impacto medioambiental de una instalación se establecerá en función del método de análisis del ciclo de vida de dicha instalación, que se divide en las tres fases siguientes:

- Fabricación.
- Funcionamiento.
- Final de vida útil (desmontaje, reciclaje).

En cuanto al impacto medioambiental, 3 indicadores (al menos) pueden tenerse en cuenta y verse afectados por el diseño de una instalación eléctrica. Aunque cada fase del ciclo de vida interviene en estos tres indicadores, cada uno de ellos se asocia principalmente a una fase concreta:

- El consumo de recursos naturales afecta principalmente a la fase de fabricación.
- El consumo de energía afecta a la fase de funcionamiento.
- El potencial de "reciclabilidad" afecta al final de la vida útil.

En la siguiente tabla se detallan los factores que intervienen en los tres indicadores medioambientales (**Figura D7**).

Indicadores	Factores que intervienen
Consumo de recursos naturales	Peso y tipo de materiales utilizados
Consumo de potencia	Pérdidas de julios a plena carga y sin carga
Potencial de "reciclabilidad"	Peso y tipo de materiales utilizados

Fig. D7: Factores que intervienen en los tres indicadores medioambientales.

5.3 Nivel de mantenimiento preventivo

Definición

Número de horas y grado de sofisticación del mantenimiento llevado a cabo durante las operaciones de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para garantizar un funcionamiento fiable de la instalación y la conservación de los niveles de rendimiento (evitando fallos: disparo, tiempo de inactividad, etc.).

Categorías diferentes

- Estándar: según las recomendaciones del fabricante.
- Mejorado: según las recomendaciones del fabricante, con un entorno difícil.
- Específico: plan de mantenimiento específico que cumple los elevados requisitos de continuidad de servicio y requiere un personal de mantenimiento competente.

5.4 Disponibilidad de alimentación eléctrica

Definición

Probabilidad de que una instalación eléctrica sea capaz de ofrecer una alimentación de calidad de acuerdo con las especificaciones de los equipos que proporciona. Se expresa mediante un nivel de disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = (1 - \text{MTTR/MTBF}) \times 100$$

MTTR (tiempo medio de reparación): tiempo medio necesario para volver a poner en funcionamiento el sistema eléctrico tras producirse un fallo (incluye la detección de la causa del fallo, su reparación y la puesta en marcha de nuevo).

MTBF (tiempo medio entre averías): medición del tiempo medio durante el cual el sistema eléctrico permanece operativo y, por tanto, permite el correcto funcionamiento de la aplicación.

Las diferentes categorías de disponibilidad sólo pueden definirse para un tipo determinado de instalación. P. ej. hospitales, centros de datos.

Ejemplo de clasificación utilizada en los centros de datos:

Nivel 1: un único canal ofrece la alimentación y el aire acondicionado, sin redundancia, lo cual permite una disponibilidad del 99,671%.

Nivel 2: un único canal ofrece la alimentación y el aire acondicionado, con redundancia, lo cual permite una disponibilidad del 99,741%.

Nivel 3: varios canales ofrecen la alimentación y el aire acondicionado, con un único canal redundante, lo cual permite una disponibilidad del 99,982%.

Nivel 4: varios canales ofrecen la alimentación y el aire acondicionado, con redundancia, lo cual permite una disponibilidad del 99,995%.

6 Elección de fundamentos de arquitectura

El esquema unifilar puede dividirse en diferentes componentes clave, que se determinan a través de un proceso de dos fases sucesivas. Durante la primera fase se eligen los siguientes elementos:

- Conexión con la red pública.
- Configuración de circuitos MT.
- Número de transformadores de potencia.
- Número y distribución de subestaciones de transformación.
- Generador de reserva MT.

6.1 Conexión con la red aguas arriba

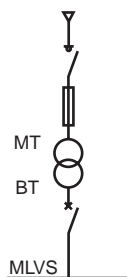
Las configuraciones principales que permiten la conexión son las siguientes (ver **Figura D8** para servicio MT):

- Servicio BT.
- Servicio de distribución en punta MT.
- Servicio de distribución en anillo MT.
- Servicio de suministro redundante MT.
- Servicio de suministro redundante MT con doble barra.

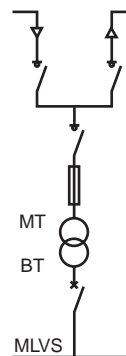
Los dispositivos de medición, protección y desconexión ubicados en las subestaciones de entrega no se representan en los siguientes diagramas. A menudo, son específicos de cada compañía eléctrica y no influyen en la elección de la arquitectura de instalación.

Para una mayor simplificación, se muestra un único transformador en cada conexión, pero en la práctica, pueden conectarse varios transformadores. (MLVS: cuadro de distribución principal de baja tensión.)

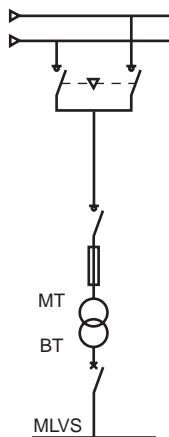
a) Distribución en punta:



b) Distribución en anillo:



c) Suministro redundante:



d) Doble barra con suministro redundante:

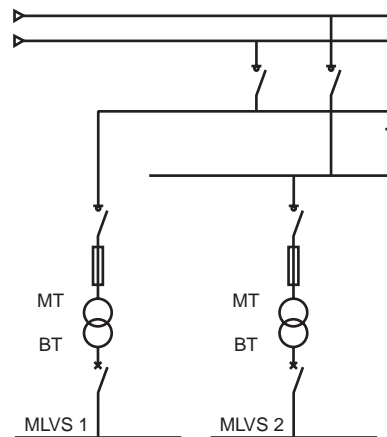


Fig. D8: Conexión MT con la red pública.

Para las diferentes configuraciones posibles, en la siguiente tabla se ofrece el conjunto más probable y usual de características.

D16

Características a tener en cuenta	Configuración				
	BT	MT			
		Distribución en punta	Distribución en anillo	Suministro redundante	Suministro redundante con doble barra
Actividad	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Alta tecnología, oficinas sensibles, atención sanitaria	Cualquiera
Topología de las instalaciones	Un solo edificio	Un solo edificio	Un solo edificio	Un solo edificio	Varios edificios
Fiabilidad de servicio	Mínima	Mínima	Estándar	Mejorada	Mejorada
Demanda de potencia	< 630 kVA	≤ 1.250 kVA	≤ 2.500 kVA	> 2.500 kVA	> 2.500 kVA
Otras limitaciones de conexión	Cualquiera	Instalaciones aisladas	Área urbana de baja densidad	Área urbana de alta densidad	Área urbana con limitación de la compañía eléctrica

6.2 Configuración de circuitos MT

Las principales configuraciones de conexión posibles son las siguientes (Figura D9):

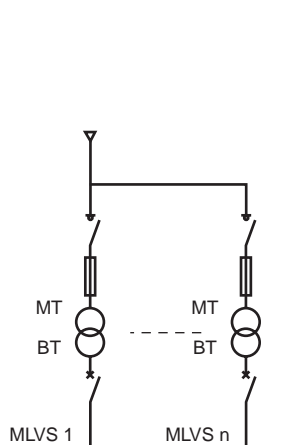
- Una sola unidad de alimentación, uno o varios transformadores.
- Anillo abierto, una llegada MT.
- Anillo abierto, dos llegadas MT.

La configuración básica es una arquitectura de una sola unidad de alimentación radial, con un único transformador.

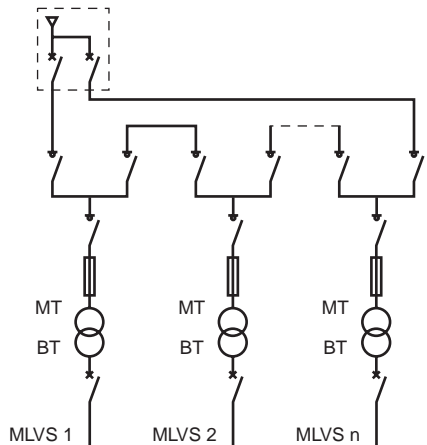
En el caso de utilizar varios transformadores, no se requiere ningún anillo excepto si todos los transformadores están ubicados en una misma subestación.

La configuración de anillo cerrado no se tiene en cuenta.

a) Una sola unidad de alimentación:



b) Anillo abierto, 1 subestación de MT:



c) Anillo abierto, 2 subestaciones de MT:

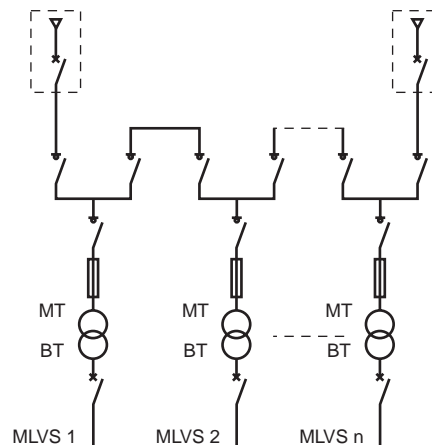


Fig. D9: Configuración de circuito MT.

6 Elección de fundamentos de arquitectura

Para las diferentes configuraciones posibles, el conjunto más probable y usual de características se ofrece en la tabla de la **Figura D10**.

Características a tener en cuenta	Configuración de circuito MT		
	Una sola unidad de alimentación	Anillo abierto 1 subestación MT	Anillo abierto 2 subestaciones MT
Topología de las instalaciones	Cualquiera < 25.000 m ²	Edificio con un nivel o varios edificios ≤ 25.000 m ²	Varios edificios ≥ 25.000 m ²
Mantenibilidad	Mínima o estándar	Mejorada	Mejorada
Demanda de potencia	Cualquiera	> 1.250 kVA	> 2.500 kVA
Sensibilidad a las perturbaciones	Interrupción larga aceptada	Interrupción breve aceptada	Interrupción breve aceptada

Fig. D10: Valores típicos de las características de la instalación.

Otra configuración excepcional: fuente de alimentación suministrada por dos subestaciones MT y conexión de los transformadores a cada una de estas dos subestaciones (conexión de “doble extremo” MT).

6.3 Número y distribución de subestaciones de transformación MT/BT

Características principales a tener en cuenta para determinar las subestaciones de transformación:

- Superficie del edificio o las instalaciones.
- Demanda de potencia (comparar con la potencia de transformador estandarizada).
- Distribución de cargas.

La configuración básica preferente incluye una única subestación. Algunos factores contribuyen a aumentar el número de subestaciones (> 1):

- Una gran superficie (> 25.000 m²).
- La configuración de las instalaciones: varios edificios.
- Potencia total > 2.500 kVA.
- Sensibilidad a las interrupciones: necesidad de redundancia en caso de incendio.

Características a tener en cuenta	Configuración		
	1 subestación con N transformadores	N subestaciones N transformadores (subestaciones idénticas)	N subestaciones M transformadores (diferentes potencias)
Configuración del edificio	< 25.000 m ²	≥ 25.000 m ² 1 edificio con varias plantas	≥ 25.000 m ² varios edificios
Demanda de potencia	< 2.500 kVA	≥ 2.500 kVA	≥ 2.500 kVA
Distribución de cargas	Cargas localizadas	Distribución uniforme	Densidad media

Fig. D11: Características típicas de las diferentes configuraciones.

6.4 Número de transformadores MT/BT

Características principales a tener en cuenta para determinar el número de transformadores:

- Superficie del edificio o las instalaciones.
- Potencia total de las cargas instaladas.
- Sensibilidad de los circuitos a las interrupciones de alimentación.
- Sensibilidad de los circuitos a las perturbaciones.
- Escalabilidad de la instalación.

La configuración preferente básica incluye un único transformador que suministra la potencia total de las cargas instaladas. Algunos factores contribuyen a aumentar el número de transformadores (> 1), preferentemente de la misma potencia:

- Una potencia instalada total elevada (> 1.250 kVA): límite práctico de potencia de la unidad (estandarización, facilidad de sustitución, necesidad de espacio, etc.).
- Una gran superficie (> 5.000 m²): la instalación de varios transformadores lo más cerca posible de las cargas distribuidas permite reducir la longitud de la canalización BT.
- La necesidad de redundancia parcial (funcionamiento degradado posible en caso de fallo del transformador) o redundancia total (funcionamiento normal garantizado en caso de fallo del transformador).
- Separación de cargas sensibles y perturbadoras (p. ej. TI, motores).

6.5 Generador de reserva MT

Características principales a tener en cuenta para la implantación de un generador de reserva MT:

- Actividad en las instalaciones.
- Potencia total de las cargas instaladas.
- Sensibilidad de los circuitos a las interrupciones de alimentación.
- Disponibilidad de la red de distribución pública.

La configuración básica preferente no incluye un generador MT. Algunos factores contribuyen a la instalación de un generador MT:

- Actividad en las instalaciones: proceso con cogeneración, optimización de la factura de electricidad.
- Disponibilidad reducida de la red de distribución pública.

La instalación de un generador de reserva también puede llevarse a cabo en el nivel BT.

7 Elección de detalles de arquitectura

D19

Esta es la segunda fase en el diseño de la instalación eléctrica. Durante esta fase se realizan las siguientes elecciones:

- Disposición.
- Distribución centralizada o descentralizada.
- Presencia de generadores de reserva.
- Presencia de fuentes de alimentación sin interrupción.
- Configuración de circuitos BT.
- Combinaciones de arquitecturas.

7.1 Disposición

Posición de los equipos MT y BT principales en las instalaciones o en el edificio. Esta elección de disposición se aplica a los resultados de la fase 1.

Guía de elección:

- Colocación de las fuentes de alimentación lo más cerca posible del baricentro de los consumidores de potencia.
- Reducción de las limitaciones atmosféricas: instalaciones dedicadas del edificio si la disposición en el taller es demasiado restrictiva (temperatura, vibraciones, polvo, etc.).
- Colocación de equipos pesados (transformadores, generadores, etc.) cerca de las paredes o las salidas principales para facilitar el mantenimiento.

En el siguiente diagrama se ofrece un ejemplo de disposición (**Figura D12**).

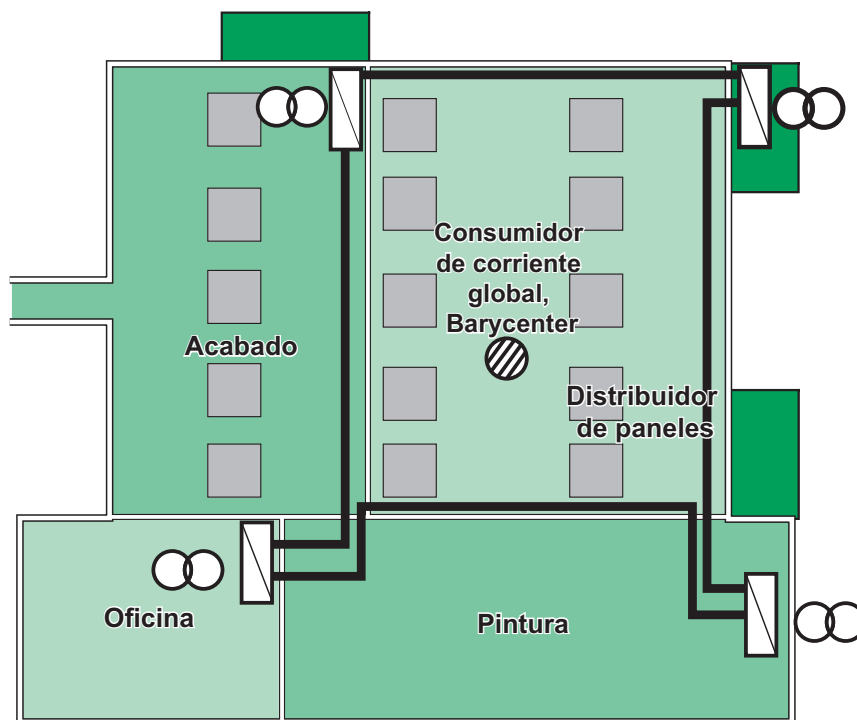


Fig. D12: La posición del baricentro del consumidor de corriente global guía la posición de las fuentes de alimentación.

7.2 Disposición centralizada o distribuida

En la **disposición centralizada**, los consumidores de corriente se conectan a las fuentes de alimentación a través de una conexión en estrella. Los cables resultan adecuados para la disposición centralizada, con conexiones de punto a punto entre el MLVS y los consumidores de corriente o cuadros de distribución secundaria (distribución radial, distribución en estrella) (**Figura D13**).

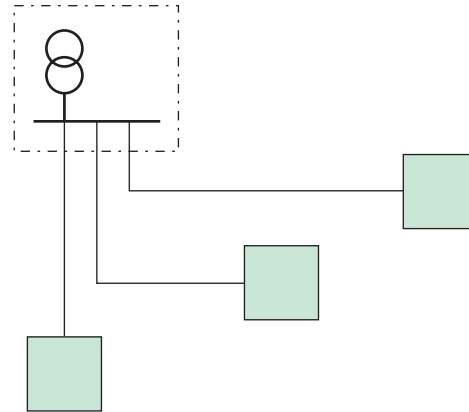


Fig. D13: Ejemplo de disposición centralizada con conexiones de punto a punto.

En la **disposición descentralizada**, los consumidores de corriente se conectan a las fuentes a través de un conducto de barras. La canalización eléctrica prefabricada resulta muy adecuada para la disposición descentralizada, para proporcionar múltiples cargas repartidas, facilitando así el cambio, el desplazamiento o la incorporación de conexiones (**Figura D14**).

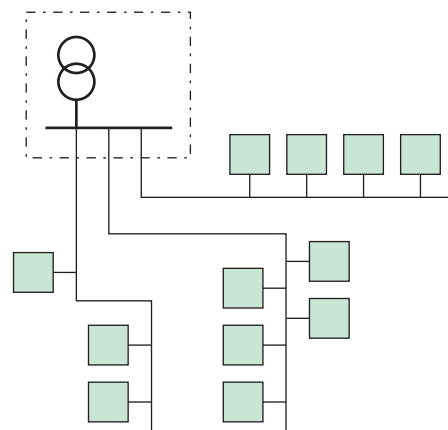


Fig. D14: Ejemplo de disposición descentralizada, con conexiones de canalización eléctrica prefabricada.

Factores a favor de la disposición centralizada (ver tabla resumen en la **Figura D15**):

- Flexibilidad de instalación: no.
- Distribución de cargas: cargas localizadas (cargas de potencia elevadas).

Factores a favor de la disposición descentralizada:

- Flexibilidad de instalación: flexibilidad de "implantación" (desplazamiento de estaciones de trabajo, etc.).
- Distribución de cargas: distribución uniforme de cargas de potencia reducidas.

7 Elección de detalles de arquitectura

Flexibilidad	Distribución de cargas		
	Cargas localizadas	Distribución intermedia	Distribución uniforme
Sin flexibilidad	Centralizada		Descentralizada
Flexibilidad de diseño			
Flexibilidad de implantación	Centralizada	Descentralizada	
Flexibilidad de funcionamiento			

Fig. D15: Recomendaciones para una disposición centralizada o descentralizada.

El suministro eléctrico a través de cables ofrece una mayor independencia de los circuitos (iluminación, tomas de alimentación, HVAC, motores, auxiliares, seguridad, etc.), lo que reduce las consecuencias de un fallo desde el punto de vista de la disponibilidad de alimentación.

El uso de la canalización eléctrica prefabricada permite combinar los circuitos de potencia de carga y ahorra conductores al aprovechar el coeficiente de agrupación. La elección entre cables y canalización eléctrica prefabricada, de acuerdo con el coeficiente de agrupación, nos permite encontrar un óptimo equilibrio entre los costes de inversión, los costes de implantación y los costes operativos.

Estos dos modos de distribución se combinan con frecuencia.

Presencia de generadores de reserva (Figura D16)

Aquí sólo se tienen en cuenta los generadores de reserva BT.

La energía eléctrica suministrada por un generador de reserva se produce a partir de un alternador, accionado por un motor térmico.

No puede producirse energía hasta que el generador haya alcanzado su velocidad nominal. Por tanto, este tipo de dispositivo no resulta adecuado para una fuente de alimentación sin interrupción.

Según la capacidad del generador para suministrar alimentación a la totalidad o a parte de la instalación, existirá una redundancia total o parcial.

Un generador de reserva funciona normalmente desconectado de la red. Por tanto, se requiere un sistema de inversión de redes.



Fig. D16: Conexión de un generador de reserva.

El generador puede funcionar de forma permanente o intermitente. Su tiempo de reserva depende de la cantidad de combustible disponible.

Principales características a tener en cuenta para la implantación de un generador de reserva BT:

- Sensibilidad de las cargas a las interrupciones de alimentación.
- Disponibilidad de la red de distribución pública.
- Otras limitaciones (p. ej. generadores obligatorios en hospitales o edificios de gran altura).

Puede optarse por la presencia de generadores para reducir la factura de electricidad o debido a la oportunidad de cogeneración. Estos dos aspectos no se tienen en cuenta en esta guía.

La presencia de un generador de reserva resulta esencial si las cargas no pueden deslastrarse durante un periodo de tiempo indefinido (sólo aceptada interrupción larga) o la disponibilidad de la red pública es reducida.

La determinación del número de generadores de reserva sigue los mismos criterios que la determinación del número de transformadores, además de tenerse en cuenta los aspectos económicos y de disponibilidad (redundancia, fiabilidad de arranque, facilidad de mantenimiento).

D22

7.3 Presencia de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

La alimentación eléctrica de una unidad SAI se suministra a partir de una unidad de almacenamiento: pilas o rueda de inercia. Con este sistema se evita cualquier fallo de alimentación. El tiempo de reserva del sistema está limitado: de unos minutos a varias horas.

La presencia simultánea de un generador de reserva y una unidad SAI se utiliza para cargas de alimentación permanente para las que no se admite ningún fallo (Figura D17). El tiempo de reserva de la batería o la rueda de inercia debe ser compatible con el tiempo máximo que tarda el generador en arrancar y conectarse en línea.

Una unidad SAI también se utiliza para suministrar alimentación a cargas sensibles a perturbaciones (lo que genera una tensión "limpia" independiente de la red).

Características principales a tener en cuenta para implantar una unidad SAI:

- Sensibilidad de las cargas a las interrupciones de alimentación.
- Sensibilidad de las cargas a las perturbaciones.

La presencia de una unidad SAI resulta esencial sólo si no se admite ningún fallo.

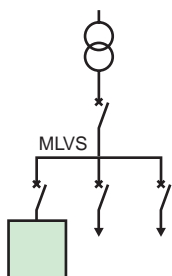


Fig. D18: Configuración de una sola unidad de alimentación radial.

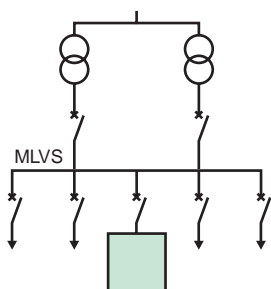


Fig. D19: Configuración bipolar.

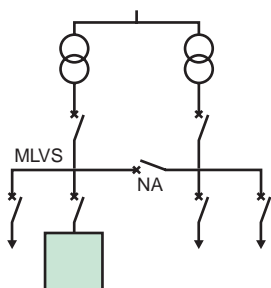


Fig. D20: Configuración bipolar con dos 1/2 MLVS y conexión NA.

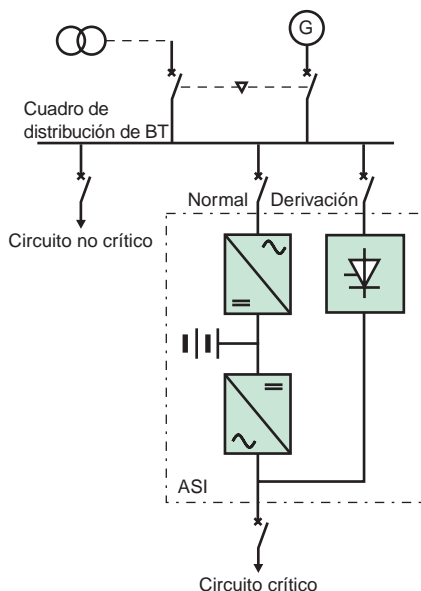


Fig. D17: Ejemplo de conexión para una unidad SAI.

7.4 Configuración de circuitos BT

Configuraciones principales posibles (ver Figuras D18 a D25):

■ **Configuración de una sola unidad de alimentación radial.** Se trata de la configuración de referencia y la más simple. Se conecta una carga a una única fuente. Esta configuración ofrece un nivel mínimo de disponibilidad, ya que no existe redundancia en caso de producirse un fallo de alimentación.

■ **Configuración bipolar.** La fuente de alimentación se obtiene de dos transformadores conectados a la misma línea MT. Cuando los transformadores están próximos se conectan normalmente en paralelo al mismo MLVS.

■ **Variante: bipolar con dos 1/2 MLVS.** Para aumentar la disponibilidad en caso de fallo en las barras de bus o para autorizar el mantenimiento en uno de los transformadores, se puede dividir el MLVS en 2 partes, con una conexión normalmente abierta (NA). Esta configuración requiere generalmente un interruptor de transferencia automática (ATS).

■ **Cuadro de distribución deslastrable (fijación desconectable simple).** Pueden conectarse una serie de circuitos deslastrables a un cuadro de distribución dedicado. La conexión con el MLVS se interrumpe cuando sea necesario (sobrecarga, operación de generador, etc.).

■ **Cuadros de distribución interconectados.** Si los transformadores se encuentran físicamente alejados el uno del otro, pueden ser conectados mediante una canalización eléctrica prefabricada. Cualquiera de los transformadores puede proporcionar una carga crítica. De esta forma mejora la disponibilidad de alimentación, ya que la carga siempre puede proporcionarse en caso de fallo de una de las fuentes. La redundancia puede ser:

7 Elección de detalles de arquitectura

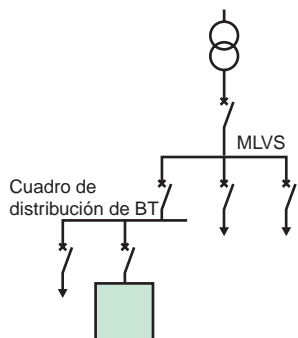


Fig. D21: Cuadro de distribución deslastrable.

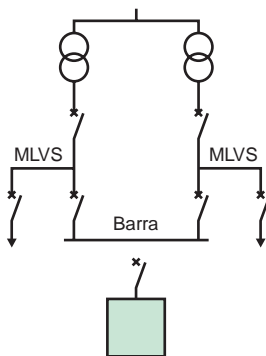


Fig. D22: Cuadros de distribución interconectados.

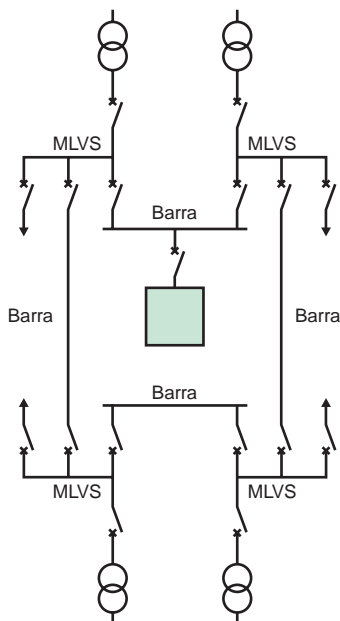


Fig. D23: Configuración en anillo.

- Total: cada transformador es capaz de abastecer a toda la instalación.
- Parcial: cada transformador sólo es capaz de abastecer a una parte de la instalación. En este caso deberán desconectarse parte de las cargas (deslastrado) si falla uno de los transformadores.

■ **Configuración en anillo.** Esta configuración puede considerarse como una ampliación de la configuración con interconexión entre cuadros de distribución. Normalmente, cuatro transformadores conectados a la misma línea MT abastecen a un anillo a través de una canalización eléctrica prefabricada. Posteriormente, varios transformadores agrupados proporcionan una determinada carga. Esta configuración resulta muy adecuada para las instalaciones ampliadas, con una elevada densidad de carga (en kVA/m²). Si todas las cargas pueden ser suministradas por tres transformadores, existe una redundancia total en caso de fallar uno de los transformadores. De hecho, cada barra puede recibir alimentación por alguno de sus extremos. De lo contrario, deberá tenerse en cuenta el funcionamiento degradado (con deslastrado parcial). Esta configuración requiere un diseño especial del plan de protección con el fin de garantizar la discriminación en cualquier circunstancia de fallo.

■ **Fuente de alimentación de doble extremo.** Esta configuración se implanta en aquellos casos en los que se requiere la máxima disponibilidad. El principio implica disponer de dos fuentes de alimentación independientes, p. ej.:

- 2 transformadores alimentados por diferentes líneas MT.
- 1 transformador y 1 generador.
- 1 transformador y 1 SAI.

Se utiliza un interruptor de transferencia automática (ATS) para evitar que las fuentes queden conectadas en paralelo. Esta configuración permite llevar a cabo un mantenimiento preventivo y correctivo en todo el sistema de distribución eléctrica aguas arriba sin interrupción de la fuente de alimentación.

■ **Combinaciones de configuración.** Pueden instalarse varios subconjuntos con diferentes configuraciones, según las necesidades de disponibilidad de los diferentes tipos de carga. P. ej. generador y SAI, elección por sectores (algunos sectores alimentados por cables y otros por canalización eléctrica prefabricada).

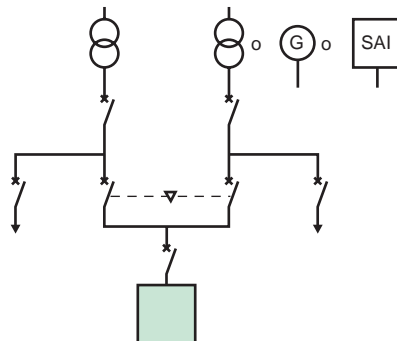


Fig. D24: Configuración de doble extremo con interruptor de transferencia automática.

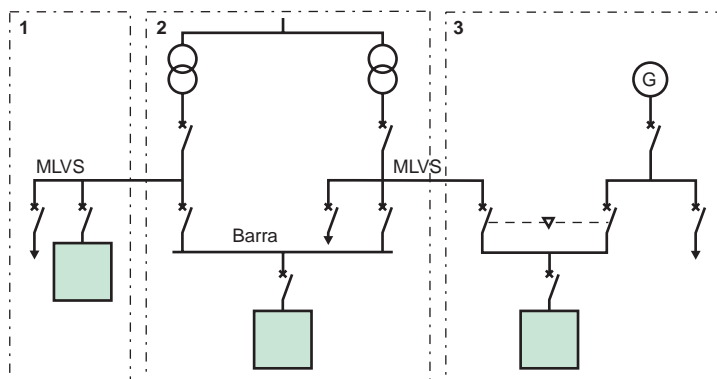


Fig. D25: Ejemplo de una combinación de configuración:

1. Una sola unidad de alimentación, 2. Interconexión de cuadros de distribución, 3. Doble extremo.

7 Elección de detalles de arquitectura

Para las diferentes configuraciones posibles, en la siguiente tabla se ofrece el conjunto más probable y usual de características.

D24

Características a tener en cuenta	Configuración					
	Radial	Bipolar	Deslastrable	Cuadros de distribución interconectados	En anillo	Doble extremo
Topología de las instalaciones	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Nivel 1 5 a 25.000 m ²	Nivel 1 5 a 25.000 m ²	Cualquiera
Latitud de ubicación	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Media o alta	Media o alta	Cualquiera
Mantenibilidad	Mínima	Estándar	Mínima	Estándar	Estándar	Mejorada
Demanda de potencia	< 2.500 kVA	Cualquiera	Cualquiera	≥ 1.250 kVA	> 2.500 kVA	Cualquiera
Distribución de cargas	Cargas localizadas	Cargas localizadas	Carga localizada	Distribución intermedia o uniforme	Distribución uniforme	Cargas localizadas
Sensibilidad a las interrupciones	Larga interrupción aceptada	Larga interrupción aceptada	Deslastrable	Larga interrupción aceptada	Larga interrupción aceptada	Corta interrupción o sin interrupción
Sensibilidad a las perturbaciones	Baja sensibilidad	Alta sensibilidad	Baja sensibilidad	Alta sensibilidad	Alta sensibilidad	Alta sensibilidad
Otras limitaciones	–	–	–	–	–	Cargas de doble extremo

La elección de equipos constituye el paso 3 en el diseño de una instalación eléctrica. El objetivo de este paso consiste en seleccionar equipos de los catálogos de los fabricantes. La elección de soluciones tecnológicas resulta de la elección de la arquitectura.

Lista de equipos a tener en cuenta

- Subestación MT/BT.
- Cuadros de distribución MT.
- Transformadores.
- Cuadros de distribución BT.
- Canalización eléctrica prefabricada.
- Unidades SAI.
- Equipos de filtrado y corrección de factor de potencia.

Criterios a tener en cuenta

- Atmósfera y entorno.
- Índice de servicios.
- Disponibilidad de ofertas por país.
- Requisitos de compañías eléctricas.
- Arquitecturas previamente elegidas.

La elección de equipos está básicamente relacionada con la disponibilidad de ofertas existentes en el país. Este criterio tiene en cuenta la disponibilidad de determinados rangos de equipos o del servicio de asistencia técnica local.

Este documento no cubre la elección detallada de equipos.

9 Recomendaciones para la optimización de la arquitectura

D26

Estas recomendaciones están destinadas a orientar al diseñador con respecto a las actualizaciones de la arquitectura que le permitirán mejorar los criterios de evaluación.

9.1 Actividad en las instalaciones

Para garantizar la compatibilidad con el tiempo de actividad “especial” o “crítico”, se recomienda limitar las incertidumbres mediante la aplicación de las siguientes recomendaciones:

- Utilizar soluciones y equipos probados que hayan sido validados y verificados por los fabricantes (cuadro de distribución “funcional” o cuadro de distribución de “fabricante” según la criticidad de la aplicación).
- Optar por la implantación de equipos para los cuales exista una red de distribución fiable y para los que sea posible recibir asistencia local (proveedor establecido).
- Optar por el uso de equipos integrados de fábrica (subestación MT/BT, canalización eléctrica prefabricada), lo que permite limitar el volumen de operaciones.
- Limitar la variedad de equipos implantados (p. ej. potencia de transformadores).
- Evitar mezclar equipos de diferentes fabricantes.

9.2 Impacto medioambiental

La optimización de la evaluación medioambiental de una instalación implicará una reducción de:

- Las pérdidas de potencia a plena carga y sin carga durante el funcionamiento de la instalación.
- En general, el peso de los materiales utilizados para fabricar la instalación.

Por separado y centrándonos en un único componente del equipo, estos dos objetivos pueden parecer contradictorios. No obstante, cuando se aplican a toda la instalación, es posible diseñar una arquitectura que cumpla ambos objetivos. Así pues, la instalación óptima no equivaldrá a la suma de los mejores equipos por separado, sino que será el resultado de la optimización de toda la instalación.

En la **Figura D26** se ofrece un ejemplo de la contribución por categoría de equipo al peso y la disipación de energía en una instalación de 3.500 kVA que ocupa una superficie de 10.000 m².

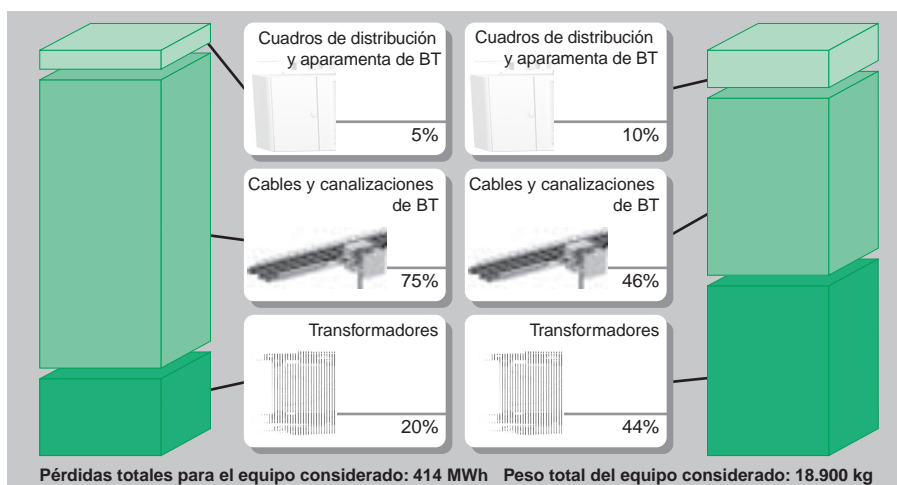


Fig. D26: Ejemplo de la extensión de pérdidas y el peso de los materiales para cada categoría de equipo.

En términos generales, la canalización y los cables BT, así como los transformadores MT/BT, son los factores que más intervienen en las pérdidas operativas y el peso de los equipos utilizados.

Así pues, la optimización medioambiental de la instalación por la arquitectura implicará:

- La reducción de la longitud de los circuitos BT en la instalación.
- La agrupación de los circuitos BT siempre que sea posible para aprovechar el factor de simultaneidad k_s (ver el capítulo A: “Diseño general – Normativa – Potencia instalada”, apartado 4 “Potencia de una instalación”, subapartado 4.3 “Estimación de la demanda máxima real de kVA”).

9 Recomendaciones para la optimización de la arquitectura

D27

Objetivos	Recursos
Reducción de la longitud de los circuitos BT	Colocación de las subestaciones MT/BT lo más cerca posible del baricentro de todas las cargas BT que se van a suministrar
Agrupación de circuitos BT	<p>Cuando el factor de simultaneidad de un grupo de cargas que se van a suministrar es menor que 0,7, la agrupación de los circuitos nos permite limitar el volumen de los conductores que proporcionan alimentación a dichas cargas.</p> <p>En términos reales, esto implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ La colocación de cuadros de distribución secundaria lo más cerca posible del baricentro de los grupos de cargas si pueden localizarse. ■ La colocación de canalizaciones eléctricas prefabricadas lo más cerca posible del baricentro de los grupos de cargas si están distribuidas. <p>La búsqueda de una solución óptima puede llevar a considerar diversos entornos de agrupación.</p> <p>En todos los casos, la reducción de la distancia entre el baricentro de un grupo de cargas y los equipos que les suministran alimentación permite reducir el impacto medioambiental.</p>

Fig. D27: Optimización medioambiental: objetivos y recursos.

A modo de ejemplo, en la **Figura D28** se muestra el impacto que ejerce la agrupación de circuitos en la reducción de la distancia entre el baricentro de cargas de una instalación y el de las fuentes consideradas (MLVS cuya posición se impone).

Este ejemplo se refiere a una planta de embotellado de agua mineral para la cual:

- La posición de los equipos eléctricos (MLVS) se impone en las instalaciones ubicadas fuera del área de procesamiento por motivos de accesibilidad y limitaciones atmosféricas.
- La potencia instalada ronda los 4 MVA.

En la solución n.º 1 los circuitos se distribuyen para cada taller.

En la solución n.º 2 los circuitos se distribuyen mediante funciones de procesamiento (líneas de producción).

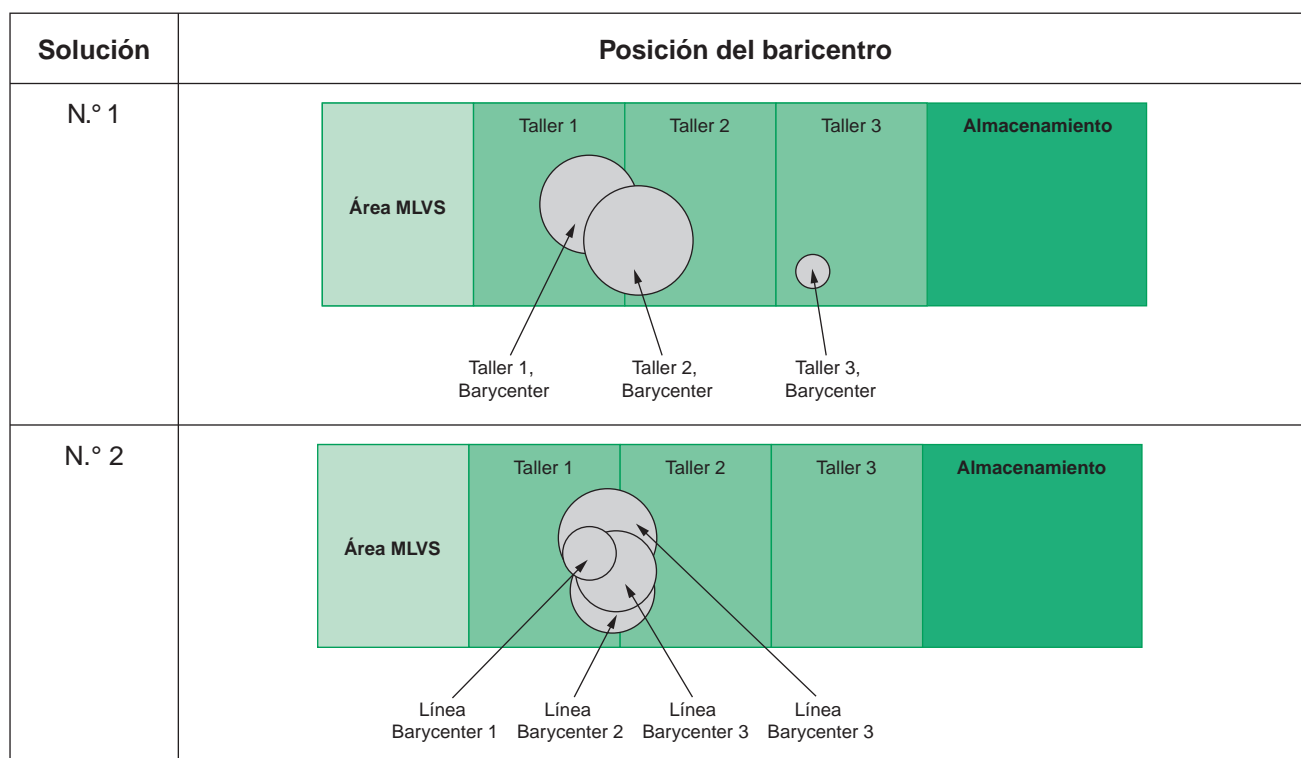


Fig. D28: Ejemplo de posición del baricentro.

Sin cambiar la disposición de los equipos eléctricos, la segunda solución nos permite obtener una ganancia de alrededor del 15% en el peso de los cables BT que se van a instalar (ganancia de longitud) y una mayor uniformidad de la potencia de los transformadores.

Para complementar las optimizaciones llevadas a cabo en cuanto a la arquitectura, los siguientes puntos también contribuyen a la optimización:

- El establecimiento de una corrección de factor de potencia BT para limitar las pérdidas en los transformadores y circuitos BT si se distribuye tal compensación.
- El uso de transformadores de baja pérdida.
- El uso de una canalización eléctrica prefabricada BT de aluminio siempre que sea posible, ya que existen más recursos naturales de este metal.

9.3 Volumen de mantenimiento preventivo

Recomendaciones para reducir el volumen de mantenimiento preventivo:

- Seguir las mismas recomendaciones dadas para reducir el tiempo de actividad en las instalaciones.
- Centrar el trabajo de mantenimiento en los circuitos críticos.
- Estandarizar la elección de equipos.
- Utilizar equipos diseñados para entornos difíciles (requieren un menor mantenimiento).

9.4 Disponibilidad de alimentación eléctrica

Recomendaciones para mejorar la disponibilidad de energía eléctrica:

- Reducir el número de unidades de alimentación por cuadro de distribución, con el fin de limitar los efectos de un posible fallo en un cuadro de distribución.
- Distribuir los circuitos según las necesidades de disponibilidad.
- Utilizar equipos que se ajusten a las necesidades (ver subapartado 4.2 "Índice de servicios").
- Seguir las guías de elección propuestas para los pasos 1 y 2 (ver la [Figura D3](#) en la página D5).

Recomendaciones para aumentar el nivel de disponibilidad:

- Cambiar de una configuración de una sola unidad de alimentación radial a una configuración bipolar.
- Cambiar de una configuración bipolar a una configuración de doble extremo.
- Cambiar de una configuración de doble extremo a una configuración sin interrupción con una unidad SAI y un interruptor de transferencia estática.
- Aumentar el nivel de mantenimiento (con la reducción del MTTR y el aumento del MTBF).

Arquitectura. Elección de un esquema unifilar y de soluciones tecnológicas, desde la conexión a la red pública hasta los circuitos de alimentación de cargas.

Características. Datos técnicos o ambientales referentes a la instalación, que permiten seleccionar la arquitectura más adecuada.

Criterios. Parámetros para evaluar la instalación, que permiten seleccionar la arquitectura que mejor se ajusta a las necesidades del cliente.

Distribución de alimentación BT. Nivel intermedio en la arquitectura, aguas abajo del nivel principal hasta los cuadros de distribución secundaria (distribución espacial y funcional de la energía eléctrica en los circuitos).

Distribución MT/BT principal. Nivel aguas arriba de la arquitectura, desde la conexión con la compañía eléctrica hasta los equipos de distribución BT de las instalaciones (MLVS o similar).

Distribución terminal BT. Nivel aguas abajo de la arquitectura, aguas abajo de los cuadros de distribución secundaria hasta las cargas. Este nivel de distribución no se trata en esta guía.

Esquema unifilar. Diagrama esquemático eléctrico general que representa el equipo eléctrico principal y sus interconexiones.

MLVS – Cuadro de distribución principal de baja tensión. Cuadro de distribución principal aguas abajo del transformador MT/BT, punto de partida de los circuitos de distribución de alimentación en la instalación.

Solución tecnológica. Se obtiene a partir de la elección de tecnología para el subconjunto de una instalación, entre los diferentes productos y equipos propuestos por el fabricante.

Subestación MT, centro de transformación. Envolventes que agrupan equipos MT y/o transformadores MT/BT. Estas envolventes pueden ser compartidas o independientes, según la disposición de las instalaciones o la tecnología de los equipos. En algunos países, la subestación MT se integra con la subestación de entrega.

ID-Spec es un nuevo software destinado a ayudar al diseñador a ser más productivo en la fase de anteproyecto y a argumentar con facilidad sus decisiones de diseño. Ayuda al diseñador a seleccionar los patrones relevantes del esquema unifilar para la distribución principal y la distribución secundaria, y a adaptar dichos patrones a su proyecto. También le ayuda a elegir las especificaciones y tecnologías de los equipos. Genera automáticamente la correspondiente documentación de especificaciones de diseño, incluidos el esquema unifilar y su argumento, así como la lista y las especificaciones de los equipos correspondientes.



Este software se encuentra disponible en España. Para mayor información póngase en contacto con la Delegación más cercana a su localidad.



12 Ejemplo: instalación eléctrica en una imprenta

D31

12.1 Breve descripción

Impresión de anuncios personalizados destinados a las ventas por correo.

12.2 Características de la instalación

Característica	Categoría
Actividad	Mecánica
Topología de las instalaciones	Edificios de un solo nivel, 10.000 m ² (8.000 m ² dedicados al proceso, 2.000 m ² para zonas auxiliares)
Latitud de disposición	Alta
Fiabilidad de servicio	Estándar
Mantenibilidad	Estándar
Flexibilidad de instalación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sin flexibilidad planificada: <input type="checkbox"/> HVAC <input type="checkbox"/> Servicios de procesamiento <input type="checkbox"/> Alimentación de oficinas ■ Flexibilidad posible: <input type="checkbox"/> Acabado, colocación en envolventes <input type="checkbox"/> Máquinas especiales, instaladas posteriormente <input type="checkbox"/> Máquinas giratorias (incertidumbre en la fase de diseño de borrador)
Demanda de potencia	3.500 kVA
Distribución de cargas	Distribución intermedia
Sensibilidad a las interrupciones de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Circuitos deslastrables: <input type="checkbox"/> Oficinas (aparte de las tomas de alimentación de PC) <input type="checkbox"/> Aire acondicionado, calefacción <input type="checkbox"/> Instalaciones sociales <input type="checkbox"/> Instalaciones de mantenimiento ■ Interrupciones largas aceptadas: <input type="checkbox"/> Impresoras <input type="checkbox"/> HVAC de talleres (control higrométrico) <input type="checkbox"/> Acabado, relleno de envolventes <input type="checkbox"/> Servicios de procesamiento (compresor, reciclado de aguas refrigeradas) ■ Ninguna interrupción aceptada: <input type="checkbox"/> Servidores, PCs de oficina
Sensibilidad a las perturbaciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensibilidad media: <input type="checkbox"/> Motores, iluminación ■ Alta sensibilidad: <input type="checkbox"/> Sistemas informáticos <p>No es necesario tomar ninguna precaución especial debido a la conexión con la red EdF (bajo nivel de perturbación)</p>
Capacidad de perturbación	Sin perturbación
Otras limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Edificio con clasificación de iluminación: disipadores de sobretensión de iluminación instalados ■ Alimentación por la línea de la unidad de alimentación aérea

12.3 Características tecnológicas

Criterios	Categoría
Atmósfera, entorno	<ul style="list-style-type: none"> ■ IP: estándar (sin protección contra el polvo o el agua) ■ IK: estándar (uso de depósitos técnicos, instalaciones dedicadas) ■ °C: estándar (regulación de temperatura)
Índice de servicios	211
Disponibilidad de ofertas por país	Ningún problema (proyecto llevado a cabo en Francia)
Otros criterios	Nada en particular

12 Ejemplo: instalación eléctrica en una imprenta

D32

12.4 Criterios de evaluación de arquitectura

Criterios	Categoría
Tiempo de actividad en las instalaciones	Secundario
Impacto medioambiental	Mínimo: cumplimiento de normativas estándar europeas
Costes de mantenimiento preventivo	Estándar
Disponibilidad de fuentes de alimentación	Nivel I

Paso 1: Fundamentos de arquitectura

Elección	Criterios principales	Solución
Conexión con la red aguas arriba	Instalaciones aisladas	Un solo circuito derivado
Circuitos MT	Disposición + criticidad	Una sola unidad de alimentación
Número de transformadores	Potencia > 2.500 kVA	2 x 2.000 kVA
Número y distribución de subestaciones	Superficie y distribución de potencia	2 posibles soluciones: 1 subestación o 2 subestaciones: ■ Si 1 subestación: conexión NA entre MLVS ■ Si 2 subestaciones: cuadros de distribución interconectados
Generador MT	Actividad en las instalaciones	No

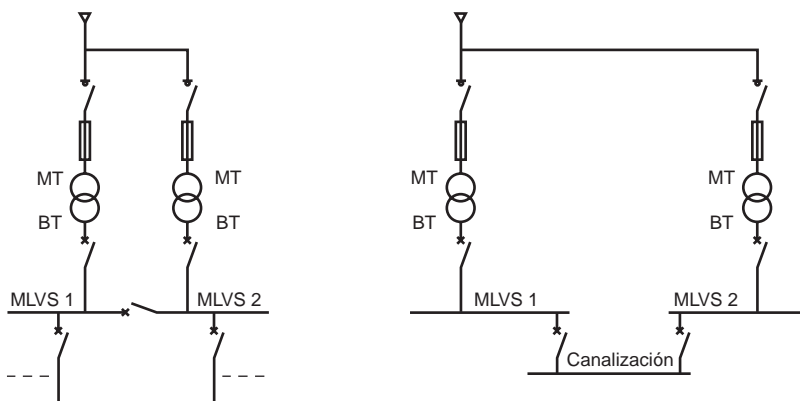


Fig. D29: Dos esquemas unifilares posibles.

12 Ejemplo: instalación eléctrica en una imprenta

D33

Paso 2: Detalles de arquitectura

Solución de "1 subestación".

Elección	Criterios principales	Solución
Disposición	Limitación atmosférica	Instalaciones dedicadas
Disposición centralizada o descentralizada	Cargas uniformes, potencia distribuida, posibilidades de escalabilidad Cargas no uniformes, conexión directa desde MLVS	<ul style="list-style-type: none"> ■ Descentralizada con canalización eléctrica prefabricada: <ul style="list-style-type: none"> □ Sector de acabado, relleno de envolventes ■ Centralizada con cables: <ul style="list-style-type: none"> □ Máquinas especiales, máquinas giratorias, HVAC, servicios de procesamiento, oficinas (2 cuadros de distribución), aire acondicionado de oficinas, instalaciones sociales, mantenimiento
Presencia de generador de reserva	Criticidad \leq baja Disponibilidad de red: estándar	Sin generador de reserva
Presencia de SAI	Criticidad	Unidad SAI para servidores y PCs de oficina
Configuración de circuitos BT	2 transformadores, redundancia parcial posible	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bipolar, variante 2 ½ MLVS + conexión NA (reducción del Isc por MLVS, sin redundancia) ■ Proceso (\leq débil) ■ Circuito deslastrable para cargas no críticas

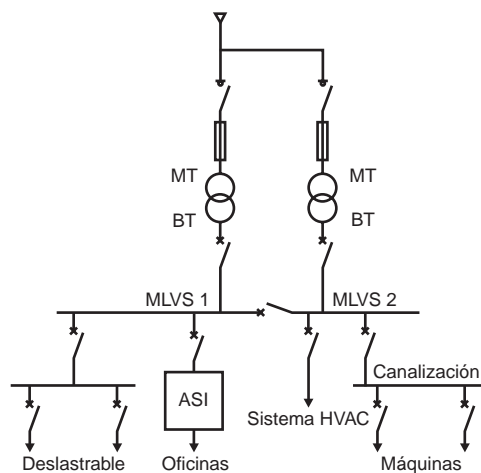


Fig. D30: Esquema unifilar detallado (1 subestación).

12 Ejemplo: instalación eléctrica en una imprenta

D34

12.5 Elección de soluciones tecnológicas

Elección	Criterios principales	Solución
Subestación MT/BT	Atmósfera, entorno	Interiores (instalaciones dedicadas)
Cuadro de distribución MT	Disponibilidad de ofertas por país	SM6 (instalación fabricada en Francia)
Transformadores	Atmósfera, entorno	Transformadores de resina de molde (evita las limitaciones relativas al aceite)
Cuadro de distribución BT	Atmósfera, IS	MLVS: Prisma+ P Distribución secundaria: Prisma+
Canalización eléctrica	Potencia instalada suministrada	Canalis KS
Unidades SAI	Potencia instalada suministrada, tiempo de reserva	Galaxy PW
Corrección de factor de potencia	Potencia instalada, presencia de armónicos	BT, estándar, automática (cant. media, facilidad de instalación)

Solución de “2 subestaciones”

Prácticamente idéntica a la solución de 1 subestación, y la única diferencia radica en: Circuito BT: 2 MLVS remotos conectados a través de una canalización eléctrica prefabricada.

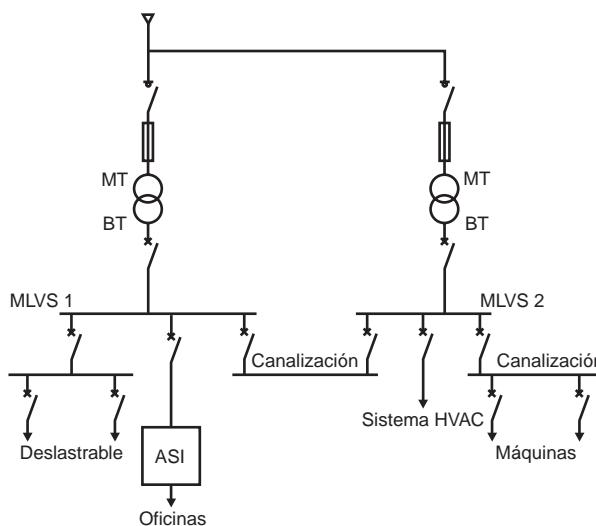


Fig. D31: Esquema unifilar detallado (2 subestaciones).