

Capítulo A

Diseño general - Normativa - Potencia instalada

Índice

1	Metodología	A2
2	Reglas y disposiciones legales	A4
	2.1 Definición de niveles de tensiones	A4
	2.2 Disposiciones legales	A5
	2.3 Normas	A5
	2.4 Calidad y seguridad de una instalación eléctrica	A6
	2.5 Prueba inicial de una instalación	A6
	2.6 Pruebas periódicas de comprobación de una instalación	A7
	2.7 Conformidad (con las normas y especificaciones) del equipo utilizado en la instalación	A7
	2.8 Medio ambiente	A8
3	Cargas eléctricas - Características	A10
	3.1 Motores de inducción	A10
	3.2 Aparatos de calefacción de tipo resistivo y lámparas incandescentes (convencionales o halógenas)	A12
	3.3 Lámparas fluorescentes, lámpara de descarga y equipo relacionado	A13
4	Demanda de una instalación	A15
	4.1 Potencia instalada (kW)	A15
	4.2 Potencia aparente instalada (kVA)	A15
	4.3 Estimación de la demanda máxima real de kVA	A16
	4.4 Ejemplo de aplicación de los factores k_u y k_s	A18
	4.5 Factor de diversidad	A18
	4.6 Selección de la potencia del transformador	A19
	4.7 Selección de fuentes de alimentación	A20
5	Supervisión y control del suministro	A21
	5.1 Principales beneficios del usuario	A21
	5.2 Del sistema de supervisión y control de la red al equipo eléctrico inteligente	A23
	5.3 Servicios estándar que posiblemente pueden proporcionar los equipos inteligentes comparados con otras soluciones	A25
	5.4 Términos técnicos en los sistemas de comunicación	A26
	5.5 Restricciones importantes a tener en cuenta para diseñar un equipo eléctrico inteligente o de comunicaciones	A27

A - Diseño general - Normativa - Potencia instalada

Es preciso leer todos los capítulos en el orden en que se presentan para poder estudiar una instalación eléctrica con esta guía.

Listado de cargas de la instalación

El estudio de una instalación eléctrica propuesta necesita una comprensión correcta de todas las reglas y normas que la rigen.

La demanda total de energía se puede calcular a partir de los datos relacionados con la ubicación y la intensidad de cada corriente junto con el conocimiento de los modos de funcionamiento (demanda en régimen nominal, condiciones de arranque, funcionamiento no simultáneo, etc.).

A partir de estos datos, se obtienen de modo inmediato la potencia necesaria de la fuente de alimentación y (en los casos apropiados) el número de fuentes necesarias para una potencia adecuada para la instalación.

También es necesario tener información sobre las estructuras de tarifas locales para elegir la mejor opción en cuanto a montaje de la conexión a la red de alimentación, por ejemplo: en alta o baja tensión.

Conexión a la red

Esta conexión se puede realizar en:

■ Media tensión.

Se tendrá que estudiar, construir y equipar un centro de transformación de abonado. Este centro de transformación puede ser una instalación interior o exterior según las normas y reglamentos correspondientes.

■ Baja tensión.

La instalación se conectará a la red local de suministro eléctrico y se medirá (necesariamente) según las tarifas de baja tensión.

Arquitectura de la distribución eléctrica

La red de distribución de toda la instalación se estudia como un sistema completo.

Se definen el número y las características de las fuentes de alimentación de emergencia auxiliares.

La disposición de montaje de las tomas de tierra del neutro se selecciona según la normativa local, las restricciones relacionadas con la alimentación y el tipo de cargas.

El equipo de distribución (cuadros, interruptores, conexiones de circuitos...) se determina a partir de los planos de construcción y la ubicación y agrupación de las cargas.

El tipo de edificios y la asignación pueden influir en la inmunidad frente a las perturbaciones externas.

Protección contra descargas eléctricas

Una vez determinada previamente la conexión a tierra (TT, IT o TN), deben implementarse los dispositivos protectores apropiados para lograr una protección contra los riesgos de contacto directo o indirecto.

Circuitos e interruptores

Cada circuito se estudia en detalle. A partir de las corrientes nominales de las cargas, el nivel de la corriente de cortocircuito y el tipo de dispositivo protector, se puede determinar la sección de los cables conductores del circuito.

Antes de adoptar el tamaño del conductor indicado arriba, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

- La caída de tensión cumple con la norma correspondiente.
- El arranque del motor es satisfactorio.
- Está asegurada la protección frente a las descargas eléctricas.

Se determina a continuación la corriente de cortocircuito y se comprueba la capacidad de resistencia térmica y electrodinámica del circuito.

Es posible que estos cálculos indiquen que es necesario usar un conductor de mayor sección que el que se seleccionó en un principio.

Los requisitos que necesita el interruptor determinarán su tipo y características.

Se examinará la utilización de técnicas de selectividad y limitación mediante el uso de fusibles e interruptores automáticos.

B - Conexión a la red de distribución de AT

C - Conexión a la red de distribución pública de BT

D - Guía de elección de arquitecturas MT y BT

E - Distribución en instalaciones de BT

F - Protección contra descargas eléctricas

G - La protección de los circuitos

H - La aparamenta de BT

J - Protección contra las sobretensiones

Protección contra las sobretensiones

Las caídas de rayos directas o indirectas pueden dañar el equipo eléctrico a una distancia de varios kilómetros. Las sobretensiones de maniobra y las sobretensiones transitorias de frecuencia industrial también pueden producir las mismas consecuencias. Se examinan los defectos y se proponen las soluciones.

K - Eficiencia energética en la distribución eléctrica

Eficiencia energética

La implementación de dispositivos de medida junto a un sistema de comunicación adecuado dentro de la instalación eléctrica, puede generar grandes beneficios al usuario o propietario: reducción en el consumo energético, reducción en costos de energía y mejor uso del equipo eléctrico.

L - Mejora del factor de potencia y filtrado de armónicos

Energía reactiva

La corrección del factor de potencia en las instalaciones eléctricas se lleva a cabo de modo local o global o combinando ambos métodos.

M - Detección y filtrado de armónicos

Armónicos

Los armónicos de la red afectan a la calidad de la energía y forman parte del origen de muchas contaminaciones como sobrecargas, vibraciones, desgaste del equipo, problemas con equipos sensibles de redes de área local, redes telefónicas, etc. En este capítulo se trata de los orígenes y los efectos de armónicos, se explica cómo medirlos y se ofrecen soluciones.

M - Generadores y cargas específicas

Generadores y cargas específicas

Se estudian los elementos o los equipos específicos:

- Fuentes específicas como alternadores o inversores.
- Cargas específicas con características especiales, como motores de inducción, circuitos de iluminación o transformadores de BT/BT.
- Sistemas específicos como redes de corriente continua.

P - Instalaciones domésticas y similares e instalaciones de características especiales

Aplicaciones genéricas

Algunos edificios y ubicaciones están sujetos a una reglamentación especialmente estricta: el ejemplo más común son las viviendas familiares.

Software **ECODial**

El software **ECODial**⁽¹⁾ proporciona un paquete de diseño completo para las instalaciones de BT según las normas y recomendaciones de la IEC.

Están incluidas las características siguientes:

- Elaboración de esquemas eléctricos.
- Cálculo de corrientes de cortocircuito.
- Cálculo de caídas de tensión.
- Optimización de la sección de los cables.
- Especificaciones necesarias de la aparamenta.
- Selectividad entre los dispositivos de protección.
- Recomendaciones para esquemas de filiación.
- Verificación de la protección de personas.
- Impresión completa de los datos de diseño calculados.

(1) **ECODial** es un producto de Merlin Gerin.

2 Reglas y disposiciones legales

Las instalaciones de baja tensión están regidas por numerosos textos legales y técnicos que se pueden clasificar del siguiente modo:

- Disposiciones legales (decretos, reglamentos, etc.).
- Código de práctica, disposiciones legales publicadas por instituciones profesionales, especificaciones de trabajo.
- Normas nacionales e internacionales para instalaciones.
- Normas nacionales e internacionales para productos.

2.1 Definición de niveles de tensiones

Disposiciones legales y recomendaciones de tensión IEC

Sistemas trifásicos de tres o cuatro hilos		Sistemas de fase únicas de tres hilos
Tensión nominal (V)		Tensión nominal (V)
50 Hz	60 Hz	60 Hz
–	120/208	120/240
–	240	–
230/400 ⁽¹⁾	277/480	–
400/690 ⁽¹⁾	480	–
–	347/600	–
1.000	600	–

(1) La tensión nominal de los sistemas existentes de 220/380 V y de 240/415 V pueden evolucionar hacia el valor recomendado de 230/400 V. El período de transición debería ser lo más corto posible y no exceder del año 2008. Durante este período, como primer paso, las autoridades de suministro de electricidad de los países que tengan sistemas de 220/380 V deberían establecer la tensión en 230/400 V +6 %, –10 % y los países que tengan sistemas de 240/415 V deberían establecer la tensión en el rango de 230/400 V +10 %, –6 %. Al final de este período de transición, se debería haber alcanzado la tolerancia de 230/400 V ±10 %, después de esto se considerará la reducción de este rango. Todas las consideraciones anteriores se aplican también al valor presente de 380/660 V con respecto al valor recomendado de 400/690 V.

Fig. A1: Las tensiones están entre 100 V y 1000 V (IEC 60038 Edición 6.2 2002-07).

Serie I		Serie II	
Tensión máxima para el equipo (kV)	Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima para el equipo (kV)	Tensión nominal del sistema (kV)
3,6 ⁽¹⁾	3,3 ⁽¹⁾ 3 ⁽¹⁾	4,40 ⁽¹⁾	4,16 ⁽¹⁾
7,2 ⁽¹⁾	6,6 ⁽¹⁾ 6 ⁽¹⁾	–	–
12	11 10	–	–
–	–	13,2 ⁽²⁾	12,47 ⁽²⁾
–	–	13,97 ⁽²⁾	13,2 ⁽²⁾
–	–	14,52 ⁽¹⁾	13,8 ⁽¹⁾
(17,5)	– (15)	–	–
24	22 20	–	–
–	–	26,4 ⁽²⁾	24,94 ⁽²⁾
36	33 25	–	–
–	–	36,5	34,5
40,5	– 35	–	–

Estos sistemas son generalmente trifásicos a no ser que se indique de otro modo. Los valores indicados son tensiones entre fases.

Los valores indicados entre paréntesis deben considerarse como valores no preferentes. Se recomienda que esos valores no se utilicen en sistemas nuevos que se construyan en el futuro.

Nota 1: Se recomienda que en cualquiera de los países la relación entre dos tensiones nominales adyacentes no debe ser inferior a 2.

Nota 2: En un sistema normal de Serie I, la tensión más alta y la más baja no difieren en más de aproximadamente ±10 % de la tensión nominal del sistema. En un sistema normal de Serie II, la tensión más alta y la más baja no difieren en más de aproximadamente ±5 % de la tensión nominal del sistema.

(1) Estos valores no deberían utilizarse para sistemas de distribución pública.

(2) Estos sistemas son generalmente de cuatro hilos.

Fig. A2: Las tensiones estándar por encima de 1 kV y que no excedan de 36 kV (IEC 60038 Edición 6.2 2002-07).

IEC 60439-5	Conjuntos de aparataje de baja tensión. Parte 5: Requisitos particulares para los conjuntos destinados a ser instalados al exterior en lugares públicos. Conjuntos de aparataje para redes de distribución (CRD)
IEC 60479-1	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 1: Aspectos generales
IEC 60479-2	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 2: Aspectos especiales
IEC 60479-3	Efectos de la corriente eléctrica en seres humanos y animales domésticos. Parte 3: Efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo de animales domésticos
IEC 60529	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)
IEC 60644	Especificaciones para los cartuchos fusibles de alta tensión destinados a circuitos con motores
IEC 60664	Coordinación de aislamiento de los equipos en las redes de baja tensión
IEC 60715	Dimensiones de la aparataje de baja tensión. Montaje normalizado sobre carriles para soportes mecánicos de dispositivos eléctricos en instalaciones de aparataje
IEC 60724	Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)
IEC 60755	Requisitos generales para dispositivos de protección que funcionan con corriente residual
IEC 60787	Guía de aplicación para la selección de fusibles de alta tensión para el circuito del transformador
IEC 60831	Condensadores de potencia autorregenerables a instalar en paralelo en redes de corriente alterna de tensión nominal inferior o igual a 1000 V
IEC 60947-1	Aparataje de baja tensión. Parte 1: Reglas generales
IEC 60947-2	Aparataje de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos
IEC 60947-3	Aparataje de baja tensión. Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles
IEC 60947-4-1	Aparataje de baja tensión. Parte 4: Contactores y arrancadores de motor. Sección 1: Contactores y arrancadores electromecánicos
IEC 60947-6-1	Aparataje de baja tensión. Parte 6: Materiales de funciones múltiples. Sección 1: Materiales de conexión de transferencia automática
IEC 61000	Compatibilidad electromagnética (CEM)
IEC 61440	Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y a los equipos
IEC 61557-1	Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 1: Requisitos generales
IEC 61557-8	Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 8: Dispositivos de control de aislamiento para esquemas IT
IEC 61557-9	Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1.000 V en CA y 1.500 V en CC. Equipos para ensayo, medida o vigilancia de las medidas de protección. Parte 9: Dispositivos de localización de defectos de aislamiento en redes IT.
IEC 61558-2-6	Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos. Parte 2-6: Requisitos particulares para los transformadores de seguridad para uso general.
IEC 62271-1	Especificaciones comunes de aparataje de alta tensión y normas de aparataje de control
IEC 62271-100	Aparataje de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión
IEC 62271-102	Aparataje de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
IEC 62271-105	Aparataje de alta tensión. Parte 105: Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna
IEC 62271-200	Aparataje de alta tensión. Parte 200: Aparataje bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
IEC 62271-202	Subestaciones prefabricadas de alta tensión/baja tensión

(Final)

2.4 Calidad y seguridad de una instalación eléctrica

Si se respetan los procedimientos de control, sólo se asegurarán la seguridad y la calidad si:

- Al inicio se comprueba la conformidad de la instalación eléctrica con la normativa y las disposiciones legales vigentes.
- El equipo eléctrico cumple la normativa vigente.

Se respeta la comprobación periódica de la instalación recomendada por el fabricante del equipo.

2.5 Prueba inicial de una instalación

Antes de que se conecte una instalación a la red de suministro, deben realizarse pruebas antes de la puesta en marcha eléctrica así como inspecciones visuales por parte de la autoridad o de un agente asignado.

Las pruebas se realizan en conformidad con las disposiciones legales (gubernamentales o institucionales) que pueden presentar ligeros cambios de un país a otro. Los principios de tales disposiciones, sin embargo, son comunes y se basan en la observancia de estrictas reglas de seguridad en el diseño y en la realización de la instalación.

La IEC 60364-6-61 y las normas relacionadas que se incluyen en esta guía se basan en consensos internacionales para estas pruebas, con los que se pretenden cubrir todas las medidas de seguridad y las prácticas de instalación aprobadas que son necesarias normalmente para los edificios de viviendas, comerciales y (en su mayoría) industriales. Sin embargo, muchas industrias tienen regulaciones adicionales relacionadas con un producto concreto (petróleo, carbón, gas natural, etc.). Tales requisitos adicionales superan el alcance de esta guía.

Las pruebas eléctricas antes de la puesta en marcha y las comprobaciones mediante inspección visual para las instalaciones en edificios incluyen, normalmente, todas las siguientes:

- Pruebas de aislamiento de todos los conductores de cables o de hilos de la instalación fija y entre las fases y tierra.
- Pruebas de continuidad y de conductividad de los conductores de protección, equipotenciales y de conexión a tierra.
- Pruebas de resistencia de electrodos de tierra con respecto a tierra lejana.
- Verificación de la operación correcta de los enclavamientos, si procede.
- Número de tomas de salida que se permite por comprobación de circuito.

- Comprobación de la sección de todos los conductores para su adecuación a los niveles de cortocircuito imperantes, teniendo en cuenta los dispositivos de protección, los materiales y las condiciones de instalación (en el aire, conductos, etc.).
- Verificación de que todas las partes expuestas y las partes metálicas superfluas tienen conexión a tierra (en caso necesario).
- Comprobación de distancias mínimas en los baños, etc.

Estas pruebas y comprobaciones son básicas (pero no exhaustivas) para la mayor parte de las instalaciones, mientras que en las regulaciones están incluidas muchas otras pruebas para tratar casos específicos, por ejemplo: instalaciones con conexión a tierra TN, TT o IT, las instalaciones basadas en aislamiento de clase 2, circuitos MBTS y ubicaciones especiales, etc.

El propósito de esta guía es prestar atención a las características particulares de los diferentes tipos de instalaciones e indicar las reglas esenciales que se tienen que tener en cuenta para alcanzar un nivel de calidad satisfactorio que asegure un rendimiento seguro y libre de problemas. Se intenta que los métodos recomendados en esta guía, modificados si es necesario para satisfacer cualquier variación posible impuesta por cualquier instalación, puedan satisfacer cualquier requisito de la prueba anterior a la puesta en marcha y de la inspección.

2.6 Pruebas periódicas de comprobación de una instalación

En muchos países, los agentes autorizados deben realizar pruebas periódicas de todas las instalaciones de edificios comerciales e industriales, junto con las instalaciones en edificios utilizados para reuniones públicas.

La **Figura A3** muestra la frecuencia de las pruebas prescritas normalmente según el tipo de instalación de que se trate.

Tipo de instalación		Frecuencia de pruebas
Instalaciones que requieren la protección de los empleados	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ubicaciones en las que existe un riesgo de degradación, fuego o explosión ■ Instalaciones temporales en los lugares de trabajo ■ Ubicaciones en las que hay instalaciones de alta tensión ■ Ubicaciones de conducción restrictiva donde se utilizan dispositivos móviles 	Anual
	Otros casos	Cada 3 años
Instalaciones en edificios utilizados para reuniones públicas en las que se requiere protección frente al riesgo de incendio o pánico	Según el tipo de edificio y su capacidad para recibir al público	De uno a tres años
Residencial	Según la normativa local	

Fig. A3: Frecuencia de pruebas de comprobación recomendadas normalmente para una instalación eléctrica.

La conformidad del equipo con la normativa pertinente se puede garantizar de diferentes maneras.

2.7 Conformidad (con las normas y especificaciones) del equipo utilizado en la instalación

Certificación de conformidad

La conformidad del equipo con la normativa pertinente se puede garantizar:

- Mediante una marca oficial de conformidad garantizada por el organismo de certificación competente.
- Mediante un certificado de conformidad emitido por un organismo de certificación.
- Mediante una declaración de conformidad del fabricante.

Las primeras dos soluciones normalmente no están disponibles para el equipo de alta tensión.

Declaración de conformidad

En los lugares en los que el equipo va a ser utilizado por profesionales o personas preparadas, la declaración de conformidad del fabricante (incluida la documentación técnica) se reconoce normalmente como una certificación válida. Cuando la competencia del fabricante se ponga en duda, la declaración del fabricante se puede ver respaldada por un certificado de conformidad.

Nota: Marcado CE

En Europa las directivas europeas precisan que el fabricante o un representante autorizado realice el marcado CE bajo su propia responsabilidad. Esto significa que:

- El producto cumple los requisitos legales.
- Se supone que se puede sacar al mercado en Europa.

El marcado CE no es ni una marca de origen ni una marca de conformidad.

Marca de conformidad

Las marcas de conformidad se colocan en los dispositivos y en el equipo que generalmente utilizan personas sin cualificación (ej. en el campo de los aparatos para uso doméstico). Las marcas de conformidad son emitidas por un organismo de certificación si el equipo cumple los requisitos de una normativa aplicable y tras la verificación por parte del sistema de gestión de calidad del fabricante.

Certificación de calidad

La normativa define varios métodos de garantía de calidad que corresponden a situaciones diferentes antes que a diferentes niveles de calidad.

Garantía

Los laboratorios para muestras de pruebas no pueden certificar la conformidad de una campaña de producción completa:

Estas pruebas se llaman pruebas tipo. En algunas pruebas para la conformidad con la normativa, las muestras se destruyen (pruebas sobre fusibles, por ejemplo). Sólo el fabricante puede certificar que los productos fabricados tienen, de hecho, las características que figuran.

Se pretende que la certificación de garantía de calidad complete la declaración inicial o la certificación de conformidad.

Como prueba de que se han llevado a cabo todas las medidas necesarias para asegurar la calidad de producción, el fabricante obtiene un certificado del sistema de control de calidad que supervisa la fabricación del producto en cuestión. Estos certificados son emitidos por organizaciones especializadas en el control de calidad y se basan en la norma de calidad ISO 9000.

La normativa define tres sistemas modelo de control de garantía de calidad que corresponden a situaciones diferentes antes que a diferentes niveles de calidad:

- El modelo 3 define la garantía de calidad mediante la inspección y comprobación de los productos finales.
- El modelo 2 incluye, además de la comprobación del producto final, la verificación del proceso de fabricación. Por ejemplo, este método se aplica en el fabricante de fusibles en que las características de rendimiento no se pueden comprobar sin destruir el fusible.
- El modelo 1 se corresponde con el modelo 2, pero con el requisito adicional de que se tiene que inspeccionar a conciencia el proceso de diseño, por ejemplo, cuando no se pretenda fabricar y probar un prototipo (en el caso de un producto de fabricación personalizada para la especificación).

2.8 Medio ambiente

Los sistemas de gestión de medio ambiente se pueden certificar mediante un organismo independiente si cumple los requisitos proporcionados en ISO 14001. Este tipo de certificación afecta principalmente a las especificaciones industriales pero también se puede conceder a lugares en los que se diseñan los productos.

Un producto con diseño medioambiental, algunas veces llamado "eco-design" es un enfoque del desarrollo sostenible con el objeto de diseñar productos/servicios que satisfagan las necesidades de los clientes a la vez que reduzcan el impacto medioambiental en todo su ciclo de vida útil. Las metodologías que se utilizan a tal efecto llevan hacia la selección de la arquitectura del diseño junto con los componentes y materiales teniendo en cuenta la influencia de un producto en el entorno a lo largo de su ciclo de vida útil (desde la extracción de las materias primas hasta el desguace). Ej. producción, transporte, distribución, final de la vida útil, etc.

En Europa se han publicado dos directivas que se llaman:

- Directiva RoHS (restricción de sustancias peligrosas) que entrará en vigor en julio de 2006 (la entrada en vigor fue el 13 de febrero de 2003 y la fecha de aplicación es el 1 de julio de 2006). Esta directiva pretende la eliminación de seis sustancias peligrosas de los productos: plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, polibromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDE).

■ La directiva RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) que entró en vigor en agosto de 2005 (la entrada en vigor fue el 13 de febrero de 2003 y la fecha de aplicación es el 13 de agosto de 2005) para dirigir el final de la vida útil y los tratamientos de aparatos de uso doméstico y no doméstico.

En otras partes del mundo habrá nuevas legislaciones que persigan los mismos objetivos.

Además de la acción de los fabricantes en favor de los productos de diseño ecológico, la contribución de la instalación eléctrica completa al desarrollo sostenible puede mejorar significativamente a través del diseño de la instalación. En realidad, se ha demostrado que una concepción optimizada de la instalación, teniendo en cuenta las condiciones de operación, ubicación de subestaciones y estructura de distribución de media tensión/baja tensión (cuadros de distribución eléctrica, conductos para barras colectoras, cables) pueden llevar a reducir considerablemente los impactos ambientales (agotamiento de materia prima, agotamiento de energía, fin de la vida útil).

Consulte el capítulo D sobre ubicación del centro de transformación y el cuadro de distribución de baja tensión.

3 Cargas eléctricas

Características

Examen de la demanda real de potencia aparente de las diferentes cargas: un paso preliminar necesario en el diseño de una instalación de baja tensión.

La potencia nominal en kW (P_n) de un motor indica su potencia mecánica equivalente. La potencia aparente en kVA (S_n) proporcionada al motor es una función de la salida, del rendimiento del motor y del factor de potencia.

$$S_n = \frac{P_n}{\eta \cos \varphi}$$

El examen de los valores reales de la potencia aparente que necesita cada carga permite el establecimiento de:

- Una demanda de potencia declarada que determina el contrato del suministro de energía.
- La especificación del transformador de alta/baja tensión, cuando sea aplicable (teniendo en cuenta la previsión de aumento de cargas).
- Los niveles de corriente de carga en cada cuadro de distribución.

3.1 Motores de inducción

Demanda de corriente

La intensidad absorbida proporcionada al motor viene dada por las fórmulas siguientes:

- Motor trifásico: $I_a = P_n \times 1.000 / (\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi)$
- Motor monofásico: $I_a = P_n \times 1.000 / (U \times \eta \times \cos \varphi)$

donde

I_a : intensidad absorbida (en amperios).

P_n : potencia nominal (en kW de potencia activa).

U : tensión entre fases para el motor trifásico y tensión entre las terminales de los motores monofásicos (en V). Un motor monofásico puede estar conectado fase a neutro o fase a fase.

η : rendimiento del motor. kW de salida/kW de entrada.

$\cos \varphi$: factor de potencia. kW de entrada/kVA de entrada.

Corriente subtransitoria y ajuste de la protección

- El valor punta de la corriente subtransitoria puede ser muy alto; el valor típico está entre 12 y 15 veces el valor eficaz nominal I_{nm} . A veces este valor puede alcanzar 25 veces I_{nm} .
- Los interruptores automáticos Merlin Gerin, los contactores Telemecanique y los relés térmicos están diseñados para resistir arranques de motor con una corriente subtransitoria muy alta (el valor punta subtransitorio puede ser hasta de 19 veces el valor eficaz nominal I_{nm}).
- Si se produce un disparo inesperado de la protección contra sobreintensidad durante el arranque, esto significa que la corriente de arranque excede de los límites normales. Como resultado, se puede alcanzar alguna resistencia máxima de los aparatos, se puede reducir la vida útil e incluso se pueden destruir algunos dispositivos. Para evitar tales situaciones, debe considerarse sobredimensionar el aparato.
- Los aparatos Merlin Gerin y Telemecanique están diseñados para asegurar la protección de los arrancadores de motor frente a los cortocircuitos. Según el riesgo, las tablas muestran la combinación del interruptor automático, el contactor y el relé térmico para obtener la coordinación tipo 1 o tipo 2 (consulte el capítulo N).

Intensidad del arranque

Aunque se pueden encontrar en el mercado motores de alto rendimiento, en la práctica sus intensidades de arranque son básicamente las mismas que las de algunos motores estándar.

La utilización del arrancador estrella-triángulo, arrancador estático suave o convertidor variador de velocidad permite reducir el valor de la intensidad de arranque (ej. 4 I_a en lugar de 7,5 I_a).

Compensación de potencia reactiva (kVAr) proporcionada a motores de inducción

Generalmente es ventajosa por motivos técnicos y económicos la reducción de la intensidad proporcionada a los motores de inducción. Esto se puede alcanzar mediante la utilización de condensadores sin que afecte a la potencia de salida de los motores. Normalmente nos referimos a la aplicación de este principio a la operación de motores de inducción como "mejora del factor de potencia" o "corrección del factor de potencia".

Como se expone en el capítulo L, la potencia aparente (kVA) proporcionada a un motor de inducción se puede reducir de un modo significativo mediante el uso de condensadores de potencia. La reducción de los kVA de entrada trae consigo la reducción correspondiente de la intensidad de entrada (dado que la tensión permanece constante).

La compensación de potencia reactiva se recomienda principalmente para motores que funcionan durante largos períodos con potencia reducida.

Como se mostró con anterioridad, $\cos \varphi = \frac{\text{kW de entrada}}{\text{kVA de entrada}}$ por lo que una reducción de kVA de entrada aumenta (es decir, mejora) el valor de $\cos \varphi$.

La corriente proporcionada al motor después de la corrección del factor de potencia

$$\text{viene dada por: } I = I_a \times \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi'}$$

donde $\cos \varphi$ es el factor de potencia antes de la compensación y $\cos \varphi'$ es el factor de potencia después de la compensación, siendo I_a la intensidad original.

Se tiene que tener en cuenta que el convertidor variador de velocidad proporciona una compensación de energía reactiva.

La **Figura A4** muestra en función de la potencia nominal del motor, los valores de intensidad de motor estándar para varias tensiones de alimentación

kW	hp	230 V	380 - 415 V	400 V	440 - 480 V	500 V	690 V
		A	A	A	A	A	A
0,18	-	1,0	-	0,6	-	0,48	0,35
0,25	-	1,5	-	0,85	-	0,68	0,49
0,37	-	1,9	-	1,1	-	0,88	0,64
-	1/2	-	1,3	-	1,1	-	-
0,55	-	2,6	-	1,5	-	1,2	0,87
-	3/4	-	1,8	-	1,6	-	-
-	1	-	2,3	-	2,1	-	-
0,75	-	3,3	-	1,9	-	1,5	1,1
1,1	-	4,7	-	2,7	-	2,2	1,6
-	1-1/2	-	3,3	-	3,0	-	-
-	2	-	4,3	-	3,4	-	-
1,5	-	6,3	-	3,6	-	2,9	2,1
2,2	-	8,5	-	4,9	-	3,9	2,8
-	3	-	6,1	-	4,8	-	-
3,0	-	11,3	-	6,5	-	5,2	3,8
3,7	-	-	-	-	-	-	-
4	-	15	9,7	8,5	7,6	6,8	4,9
5,5	-	20	-	11,5	-	9,2	6,7
-	7-1/2	-	14,0	-	11,0	-	-
-	10	-	18,0	-	14,0	-	-
7,5	-	27	-	15,5	-	12,4	8,9
11	-	38,0	-	22,0	-	17,6	12,8
-	15	-	27,0	-	21,0	-	-
-	20	-	34,0	-	27,0	-	-
15	-	51	-	29	-	23	17
18,5	-	61	-	35	-	28	21
-	25	-	44	-	34	-	-
22	-	72	-	41	-	33	24
-	30	-	51	-	40	-	-
-	40	-	66	-	52	-	-
30	-	96	-	55	-	44	32
37	-	115	-	66	-	53	39
-	50	-	83	-	65	-	-
-	60	-	103	-	77	-	-
45	-	140	-	80	-	64	47
55	-	169	-	97	-	78	57
-	75	-	128	-	96	-	-
-	100	-	165	-	124	-	-
75	-	230	-	132	-	106	77
90	-	278	-	160	-	128	93
-	125	-	208	-	156	-	-
110	-	340	-	195	-	156	113
-	150	-	240	-	180	-	-
132	-	400	-	230	-	184	134
-	200	-	320	-	240	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-
160	-	487	-	280	-	224	162
185	-	-	-	-	-	-	-
-	250	-	403	-	302	-	-
200	-	609	-	350	-	280	203
220	-	-	-	-	-	-	-
-	300	-	482	-	361	-	-
250	-	748	-	430	-	344	250
280	-	-	-	-	-	-	-
-	350	-	560	-	414	-	-
-	400	-	636	-	474	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-

Fig. A4: Potencia e intensidades operativas nominales (continúa en la página siguiente).

3 Cargas eléctricas Características

kW	hp	230 V	380 - 415 V	400 V	440 - 480 V	500 V	690 V
		A	A	A	A	A	A
315	-	940	-	540	-	432	313
-	540	-	-	-	515	-	-
335	-	-	-	-	-	-	-
355	-	1.061	-	610	-	488	354
-	500	-	786	-	590	-	-
375	-	-	-	-	-	-	-
400	-	1.200	-	690	-	552	400
425	-	-	-	-	-	-	-
450	-	-	-	-	-	-	-
475	-	-	-	-	-	-	-
500	-	1.478	-	850	-	680	493
530	-	-	-	-	-	-	-
560	-	1.652	-	950	-	760	551
600	-	-	-	-	-	-	-
630	-	1.844	-	1.060	-	848	615
670	-	-	-	-	-	-	-
710	-	2.070	-	1.190	-	952	690
750	-	-	-	-	-	-	-
800	-	2.340	-	1.346	-	1.076	780
850	-	-	-	-	-	-	-
900	-	2.640	-	1.518	-	1.214	880
950	-	-	-	-	-	-	-
1.000	-	2.910	-	1.673	-	1.339	970

Fig. A4: Potencia e intensidades operativas nominales (conclusión).

3.2 Aparatos de calefacción de tipo resistivo y lámparas incandescentes (convencionales o halógenas)

La intensidad absorbida de un aparato de calefacción o de una lámpara incandescente se puede obtener con facilidad a partir de la potencia nominal P_n determinada por el fabricante (ej. $\cos \varphi = 1$) (consulte **Figura A5**).

Potencia nominal (kW)	Intensidad absorbida (A)			
	Monofásica 127 V	Monofásica 230 V	Trifásica 230 V	Trifásica 400 V
0,1	0,79	0,43	0,25	0,14
0,2	1,58	0,87	0,50	0,29
0,5	3,94	2,17	1,26	0,72
1	7,9	4,35	2,51	1,44
1,5	11,8	6,52	3,77	2,17
2	15,8	8,70	5,02	2,89
2,5	19,7	10,9	6,28	3,61
3	23,6	13	7,53	4,33
3,5	27,6	15,2	8,72	5,05
4	31,5	17,4	10	5,77
4,5	35,4	19,6	11,3	6,5
5	39,4	21,7	12,6	7,22
6	47,2	26,1	15,1	8,66
7	55,1	30,4	17,6	10,1
8	63	34,8	20,1	11,5
9	71	39,1	22,6	13
10	79	43,5	25,1	14,4

Fig. A5: Intensidades absorbidas de aparatos de calefacción de tipo resistivo y lámparas incandescentes (convencionales o halógenas).

Intensidades vienen dadas por:

■ Carga trifásica: $I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3}U}$ ⁽¹⁾

(1) I_a en amperios; U en voltios. P_n está en vatios. Si P_n está en kW, multiplique la ecuación por 1.000.

■ Carga monofásica: $I_a = \frac{P_n^{(1)}}{U}$

en la que U es la tensión entre los terminales del equipo.

Para una lámpara incandescente, la utilización de gas halógeno permite una fuente luminosa más concentrada. La salida de luz se incrementa y la vida útil de la lámpara se duplica.

Nota: En el momento del encendido, el filamento frío da lugar a un pico de intensidad muy breve pero intenso.

3.3 Lámparas fluorescentes, lámpara de descarga y equipo relacionado

La potencia P_n (vatios) indicada en el tubo de una lámpara fluorescente no incluye la potencia absorbida por el balasto (reactancia).

La intensidad viene dada por:

$$I_a = \frac{P_{\text{reactancia}} + P_n}{U \cos \varphi}$$

donde U = la tensión aplicada a la lámpara completa con su equipo relacionado.

Con (a no ser que se indique de otro modo):

■ $\cos \varphi = 0,6$ sin condensador de corrección del factor de potencia (FP)⁽¹⁾.

■ $\cos \varphi = 0,86$ con corrección FP⁽¹⁾ (tubos sencillos o dobles).

■ $\cos \varphi = 0,96$ para balastos electrónicos.

Si no se indica ningún valor de pérdida de potencia para la reactancia, se puede utilizar una cifra del 25% de P_n .

La **Figura A6** proporciona estos valores para diferentes exposiciones de balastos.

Montaje de lámparas, arrancadores y resistencias	Potencia de los tubos (W) ⁽²⁾	Corriente (A) a 230 V			Long. del tubo (cm)
		Balasto magnético		Balasto electrónico	
		Sin condensador de corrección FP	Con condensador de corrección FP		
Un tubo	18	0,20	0,14	0,10	60
	36	0,33	0,23	0,18	120
	58	0,50	0,36	0,28	150
Dos tubos	2 × 18		0,28	0,18	60
	2 × 36		0,46	0,35	120
	2 × 58		0,72	0,52	150

(2) La potencia en vatios está marcada en el tubo.

Fig. A6: La intensidad absorbida y el consumo de potencia de los tubos fluorescentes de iluminación de dimensiones comunes (a 230 V-50 Hz).

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas tienen las mismas características de rentabilidad y larga duración que los tubos clásicos. Normalmente se utilizan en lugares públicos con iluminación permanente (por ejemplo: pasillos, vestíbulos, bares, etc.) y se puede montar en los mismos lugares que las lámparas incandescentes (consulte la **Figura A7**).

Tipo de lámpara	Potencia de la lámpara (W)	Corriente a 230 V (A)
Lámpara de resistencias separadas	10	0,080
	18	0,110
	26	0,150
Lámpara de resistencias integradas	8	0,075
	11	0,095
	16	0,125
	21	0,170

Fig. A7: Intensidades absorbidas y consumo de potencia de las lámparas fluorescentes compactas (a 230 V-50 Hz).

(1) A menudo nos referimos a la "corrección del factor de potencia" como "compensación" en la terminología de descarga del tubo de iluminación.
 $\cos \varphi$ es aproximadamente 0,95 (los valores de cero de V e I casi están en fase) pero el factor de potencia es 0,5 debido a la forma impulsiva de la intensidad, el pico de la cual se produce "tarde" en cada semiperíodo.

3 Cargas eléctricas Características

La potencia en vatios indicada en el tubo de una lámpara de descarga no incluye la potencia disipada por el balasto.

Lámparas de descarga

La **Figura A8** proporciona la intensidad absorbida por una unidad completa y que incluye todo el equipo complementario asociado.

Estas lámparas dependen de la descarga eléctrica luminosa a través de un gas o vapor de un componente metálico que está en un recipiente cristalino estanco y a una presión determinada. Estas lámparas tienen un tiempo de arranque largo, durante el que la corriente I_a es superior a la corriente nominal I_n . Las demandas de corriente y potencia vienen dadas para diferentes tipos de lámparas (valores medios típicos que pueden diferir ligeramente de un fabricante a otro).

Tipo de lámpara (W)	Potencia absorbida (W) a 230 V 400 V	Corriente I_n (A)		Arranque		Rendimiento lumínica (lúmenes por vatio)	Tiempo medio de vida útil de la lámpara (h)	Utilización
		FP no corregido 230 V 400 V	FP corregido 230 V 400 V	I_a/I_n	Período (min)			
Lámparas de vapor de sodio de alta presión								
50	60	0,76	0,3	de 1,4 a 1,6	de 4 a 6	de 80 a 120	9.000	<ul style="list-style-type: none"> ■ Iluminación de pasillos largos ■ Espacios exteriores ■ Iluminación pública
70	80	1	0,45					
100	115	1,2	0,65					
150	168	1,8	0,85					
250	274	3	1,4					
400	431	4,4	2,2					
1.000	1.055	10,45	4,9					
Lámparas de vapor de sodio de baja presión								
26	34,5	0,45	0,17	de 1,1 a 1,3	de 7 a 15	de 100 a 200	de 8.000 a 12.000	<ul style="list-style-type: none"> ■ Iluminación de autopistas ■ Iluminación de seguridad, estación ■ Plataforma, áreas de almacenamiento
36	46,5		0,22					
66	80,5		0,39					
91	105,5		0,49					
131	154		0,69					
Vapor de mercurio + halógenos metálicos (también denominados ioduros metálicos)								
70	80,5	1	0,40	1,7	de 3 a 5	de 70 a 90	6.000	<ul style="list-style-type: none"> ■ Iluminación de áreas muy grandes por proyectores (p. ej.: deportes, estadios, etc.)
150	172	1,80	0,88					
250	276	2,10	1,35					
400	425	3,40	2,15					
1.000	1.046	8,25	5,30					
2.000	2.092 2.052	16,50 8,60	10,50 6					
Vapor de mercurio + sustancia fluorescente (biófluorescente)								
50	57	0,6	0,30	de 1,7 a 2	de 3 a 6	de 40 a 60	de 8.000 a 12.000	<ul style="list-style-type: none"> ■ Talleres con techos muy altos (pasillos, hangares) ■ Iluminación exterior ■ Salida de luminosidad baja⁽¹⁾
80	90	0,8	0,45					
125	141	1,15	0,70					
250	268	2,15	1,35					
400	421	3,25	2,15					
700	731	5,4	3,85					
1.000	1.046	8,25	5,30					
2.000	2.140 2.080	15	11 6,1					

Nota: Estas lámparas son sensibles a las caídas de tensión. Se apagan si la tensión cae a menos del 50% de la tensión nominal y no se volverá a encender antes de que se enfríe durante aproximadamente 4 minutos.

Nota: Las lámparas de vapor de sodio a baja presión tienen rendimiento superior a la de otras fuentes. Sin embargo, está restringido el uso de estas lámparas por el hecho de que el color amarillo anaranjado que emiten provoca que sea casi imposible el reconocimiento de los colores.

(1) Reemplazado por lámparas de vapor de sodio.

Fig. A8: Intensidad absorbida por las lámparas de descarga.

Para diseñar una instalación se debe evaluar la demanda máxima de potencia que se puede solicitar al sistema.

Un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería.

El propósito de este capítulo es el de mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad (operación no simultánea de todos los dispositivos de un grupo determinado) y la utilización (por ejemplo, un motor eléctrico no funciona normalmente al límite de su capacidad, etc.) de todas las cargas existentes y proyectadas. Los valores proporcionados están basados en la experiencia y en los registros extraídos de las instalaciones actuales. Además de proporcionar datos de diseño de instalaciones básicas en circuitos individuales, los resultados proporcionarán un valor global para la instalación a partir de la que se pueden especificar los requisitos de un sistema de alimentación (red de distribución, transformador de alta/baja tensión o grupo electrógeno).

4.1 Potencia instalada (kW)

La mayor parte de los dispositivos y aparatos eléctricos se marcan para indicar su potencia nominal (P_n).

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente. Este es el caso de los motores eléctricos, en los que la potencia nominal se refiere a la potencia de salida en el eje principal. El consumo de potencia de entrada será evidentemente superior.

Las lámparas fluorescentes y de descarga asociadas a resistencias de estabilización son otros casos en los que la potencia nominal indicada en la lámpara es inferior a la potencia consumida por la lámpara y su resistencia.

Los métodos para evaluar el consumo real de potencia de los motores y dispositivos lumínicos se han proporcionado en el apartado 3 de este capítulo.

La demanda de potencia (kW) es necesaria para seleccionar la potencia nominal de un grupo electrógeno o batería.

Para una alimentación de una red de alimentación pública de baja tensión o a través de un transformador de alta/baja tensión, la cantidad significativa es la potencia aparente en kVA.

4.2 Potencia aparente instalada (kVA)

Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados.

La demanda de potencia aparente de una carga (que puede ser un dispositivo sencillo) se obtiene a partir de su potencia nominal (corregida si es necesario, como se dice anteriormente con los motores, etc.) y de la aplicación de los siguientes coeficientes:

η = rendimiento = kW de salida/kW de entrada.

$\cos \varphi$ = el factor de potencia = kW/kVA.

La demanda en kVA de potencia aparente de la carga:

$$S_n = P_n / (\eta \times \cos \varphi)$$

A partir de este valor, la corriente de carga completa I_a (A)⁽¹⁾ que toma la carga será:

$$\blacksquare I_a = \frac{S_n \times 10^3}{V}$$

para una carga conectada entre fase y neutro.

$$\blacksquare I_a = \frac{S_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U}$$

para la carga trifásica equilibrada, en la que:

V = tensión fase-neutro (voltios).

U = tensión fase-fase (voltios).

Se tiene que tener en cuenta que, hablando de un modo estricto, los kVA totales de potencia aparente no son la suma aritmética de los kVA calculados de las cargas individuales (a no ser que todas las cargas tengan el mismo factor de potencia).

Sin embargo, es normal realizar una suma aritmética simple, cuyo resultado dará un valor de kVA que supera el valor real por un "margen de diseño" aceptable.

Cuando no se conocen alguna o todas las características de carga, los valores que se muestran en la **Figura A9** de la página siguiente se pueden utilizar para proporcionar una estimación muy aproximada de demandas de VA (las cargas individuales normalmente son demasiado pequeñas para expresarlas en kVA o kW). Las estimaciones para cargas de iluminación están basadas en superficies de 500 m².

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente.

Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados.

(1) Para obtener mayor precisión debe tenerse en cuenta el factor de utilización máxima como se ha expresado a continuación en el subapartado 4.3.

Iluminación fluorescente (corregida a $\cos \phi = 0,86$)		
Tipo de aplicación	Tubo fluorescente estimado (VA/m ²) con reflector industrial ⁽¹⁾	Nivel medio de iluminación (lux = lm/m ²)
Carreteras y autopistas, áreas de almacenamiento, trabajo intermitente	7	150
Trabajos industriales: fabricación y ensamblaje de piezas de trabajo muy grandes	14	300
Trabajo diario: trabajo de oficina	24	500
Trabajos delicados talleres de ensamblaje de alta precisión de oficinas técnicas	41	800
Circuitos de potencia		
Tipo de aplicación	Estimado (VA/m ²)	
Aire comprimido de estación de bombeo de 3 a 6	23	
Ventilación de las instalaciones	23	
Calefactores de convección eléctricos: casas privadas, pisos y apartamentos	de 115 a 146	
Oficinas	90	
Taller de distribución	25	
Taller de montaje	50	
Tienda de máquinas	70	
Taller de pintura	300	
Planta de tratamiento de calor	350	
	700	

(1) Ejemplo: tubo de 65 W (balasto no incluido), flujo 5.100 lúmenes (lm), eficacia lumínica del tubo = 78,5 lm/W.

Fig. A9: Estimación de la potencia aparente instalada.

4.3 Estimación de la demanda máxima real de kVA

Todas las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. Los factores k_u y k_s permiten la determinación de las demandas de potencia máxima y de potencia aparente realmente necesarias para dimensionar la instalación.

Factor de utilización máxima (k_u)

En condiciones normales de funcionamiento, el consumo de potencia de una carga es a veces inferior que la indicada como potencia nominal, una circunstancia bastante común que justifica la aplicación de un factor de utilización (k_u) en la estimación de los valores reales.

Este factor se le debe aplicar a cada carga individual, con especial atención a los motores eléctricos, que raramente funcionan con carga completa.

En una instalación industrial, este factor se puede estimar en una media de 0,75 para los motores.

Para cargas de luz incandescente, el factor siempre es igual a 1.

Para circuitos con tomas de corriente, los factores dependen totalmente del tipo de aplicaciones a las que ofrecen suministro las tomas implicadas.

Factor de simultaneidad (k_s)

Es una práctica común que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas de una instalación determinada nunca se produzca en la práctica. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (k_s).

El factor k_s se aplica a cada grupo de cargas (por ejemplo, obtener el suministro de un cuadro de distribución o subdistribución). El diseñador es el responsable de la determinación de estos factores, ya que precisa un conocimiento detallado de la instalación y de las condiciones en las que se van a explotar los circuitos individuales. Por este motivo, no es posible proporcionar valores precisos para la aplicación general.

Factor de simultaneidad para un bloque de apartamentos

En la **Figura A10** de la página contigua se muestran algunos valores típicos para éste y se pueden aplicar a todos los consumidores domésticos con suministro de 230/400 V (trifásico de cuatro hilos). En el caso de los consumidores que utilizan acumuladores de calor eléctricos para la calefacción, se recomienda un factor de 0,8 con independencia del número de consumidores.

Número de consumidores	Factor de simultaneidad (k_s)
De 2 a 4	1
De 5 a 9	0,78
De 10 a 14	0,63
De 15 a 19	0,53
De 20 a 24	0,49
De 25 a 29	0,46
De 30 a 34	0,44
De 35 a 39	0,42
De 40 a 49	0,41
50 y más	0,40

Fig. A10: Factores de simultaneidad en un bloque de apartamentos.

Ejemplo (consultar **Figura A11**):

Un edificio de apartamentos de cinco pisos con 25 consumidores, que tienen una carga instalada de 6 kVA cada uno.

La carga total instalada para el edificio es: $36 + 24 + 30 + 36 + 24 = 150$ kVA.

El suministro de potencia aparente necesario para el edificio es: $150 \times 0,46 = 69$ kVA.

A partir de la figura A10, es posible determinar la magnitud de las corrientes en diferentes secciones del circuito principal común que proporciona suministro a todos los pisos. Para los cables que van en vertical y que se alimentan a nivel del suelo, la sección de los conductores evidentemente tiene que reducirse progresivamente desde los pisos inferiores a los superiores.

Estos cambios del tamaño del conductor vienen espaciados normalmente por un intervalo de al menos tres pisos.

En el ejemplo, la corriente que entra en el cable de subida a nivel del suelo es:

$$\frac{150 \times 0,46 \times 10^3}{400 \sqrt{3}} = 100 \text{ A}$$

la corriente que llega al tercer piso es:

$$\frac{(36 + 24) \times 0,63 \times 10^3}{400 \sqrt{3}} = 55 \text{ A}$$

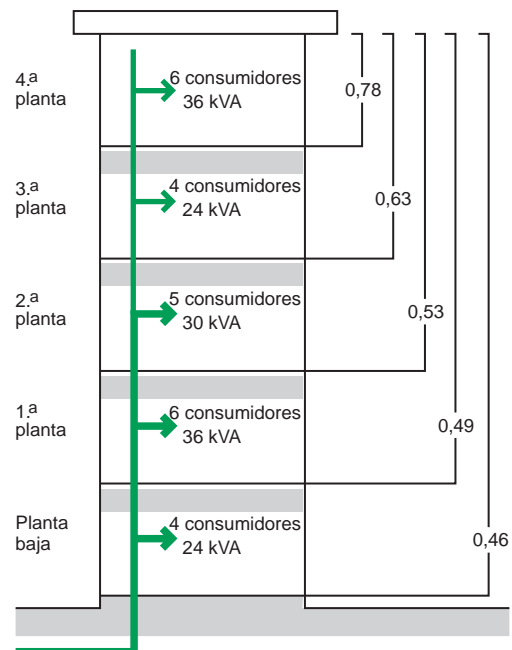


Fig. A11: Aplicación del factor de simultaneidad (k_s) a un bloque de apartamentos de 5 pisos.

Factor de simultaneidad para cuadros de distribución

La **Figura A12** muestra los valores hipotéticos de k_s para un cuadro de distribución que suministra a varios circuitos para los que no hay indicación sobre el modo en que se divide la carga total entre ellos.

Si los circuitos son principalmente para cargas de iluminación, sería prudente adoptar los valores de k_s cercanos a la unidad.

Número de circuitos	Factor de simultaneidad (k_s)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
De 6 a 9	0,7
10 y más	0,6
Montajes probados parcialmente; seleccione en cada caso	1,0

Fig. A12: Factor de simultaneidad para cuadros de distribución (IEC 60439).

Factor de simultaneidad según la función del circuito

Los factores k_s que se pueden utilizar para circuitos que alimentan a las cargas más habituales aparecen en la **Figura A13**.

Función del circuito	Factor de simultaneidad (k_s)
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente	de 0,1 a 0,2 ⁽¹⁾
Ascensores y montacargas ⁽²⁾	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para el motor más potente 1 ■ Para el segundo motor más potente 0,75 ■ Para todos los motores 0,60

(1) En algunos casos, principalmente en instalaciones industriales, este factor puede ser superior.

(2) La corriente que hay que tomar en consideración es igual a la corriente nominal del motor aumentada en un tercio de su corriente de arranque.

Fig. A13: Factor de simultaneidad según la función del circuito.

4.4 Ejemplo de aplicación de los factores k_u y k_s

Un ejemplo de la estimación de las demandas de kVA máximos reales a todos los niveles de una instalación, desde cada posición de carga al punto de suministro (consulte **Figura A14** en la página contigua).

En este ejemplo, la potencia aparente instalada total es de 126,6 kVA, que corresponde a un valor máximo real (estimado) en los bornes de baja tensión del transformador de alta/baja tensión de sólo 65 kVA.

Nota: Para seleccionar el tamaño de los cables para los circuitos de distribución de una instalación, la corriente I (en amperios) a través de un circuito está determinada a partir de la ecuación:

$$I = \frac{S \text{ (kVA)} \cdot 10^3}{U \sqrt{3}}$$

donde kVA es el máximo real del valor de potencia aparente trifásico que aparece en el diagrama para el circuito en cuestión y U es la tensión fase-fase (en voltios).

4.5 Factor de diversidad

El factor de diversidad, tal como se ha definido en la normativa IEC, es idéntico al factor de simultaneidad (k_s) utilizado en esta guía, como se describe en el subapartado 4.3. En algunos países anglófonos, sin embargo (en el momento de esta edición), el factor de diversidad es el inverso de k_s , es decir, siempre es ≥ 1 .

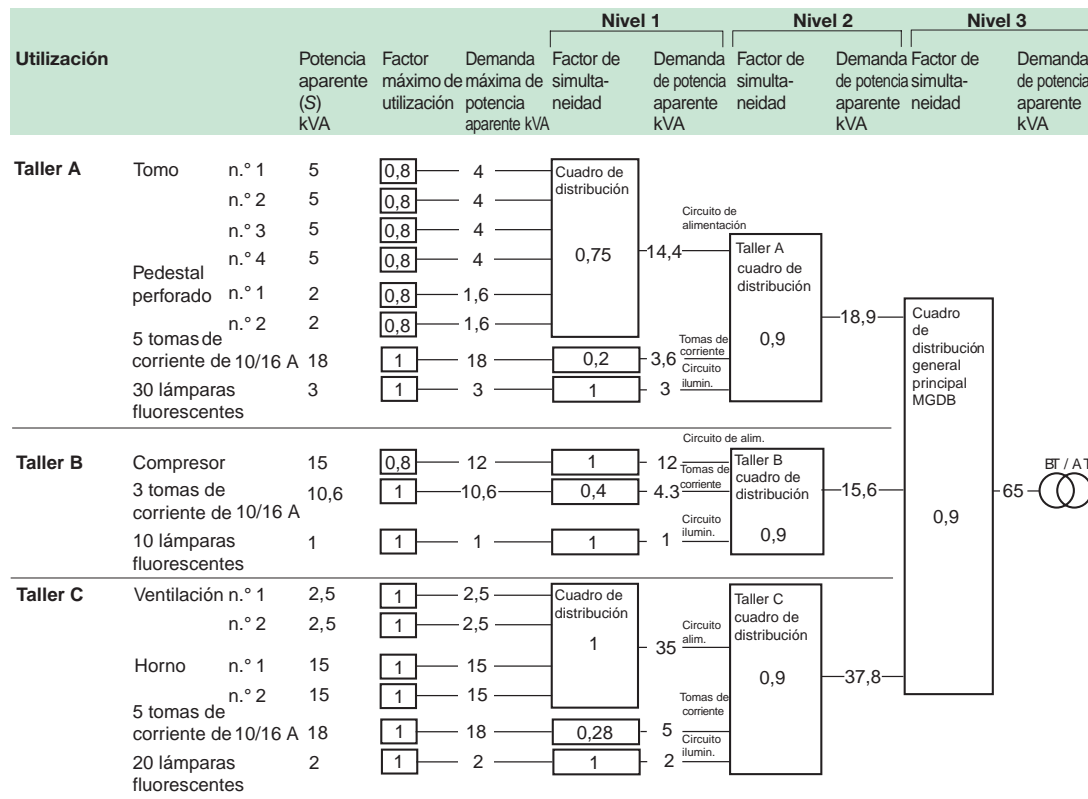


Fig A14: Un ejemplo al estimar la carga máxima prevista de una instalación (los valores del factor utilizados sólo con fines de demostración).

4.6 Selección de la potencia del transformador

Cuando una instalación se va a alimentar directamente desde un transformador de alta/baja tensión y la carga de potencia aparente máxima de la instalación se ha determinado, se puede decidir un calibre adecuado para el transformador, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes (consulte **Figura A15**):

Potencia aparente kVA	I _n (A)	
	237 V	410 V
100	244	141
160	390	225
250	609	352
315	767	444
400	974	563
500	1.218	704
630	1.535	887
800	1.949	1.127
1.000	2.436	1.408
1.250	3.045	1.760
1.600	3.898	2.253
2.000	4.872	2.816
2.500	6.090	3.520
3.150	7.673	4.436

Fig. A15: Potencias aparentes estándar para transformadores de alta/baja tensión y corrientes nominales relacionadas.

- La posibilidad de mejorar el factor de potencia de la instalación (consulte el capítulo L).
- Extensiones anticipadas a la instalación.

La corriente nominal de carga completa I_n en la parte de baja tensión de un transformador trifásico viene determinada por:

$$I_n = \frac{S \text{ (kVA)} \cdot 10^3}{U \sqrt{3}}$$

donde

- S = potencia kVA del transformador.
- U = tensión fase-fase en vacío en voltios (237 V o 410 V).
- I_n está en amperios.

Para un transformador monofásico:

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V}$$

donde

- V = tensión entre los bornes de baja tensión en vacío (en voltios).
- Ecuación simplificada para 400 V (carga trifásica).
- $I_n = S \text{ (kVA)} \times 1,4$.

La norma IEC para los transformadores de potencia es IEC 60076.

4.7 Selección de fuentes de alimentación

De la importancia de mantener una alimentación permanente, surge la cuestión sobre el uso de una planta de energía de reserva. La selección y las características de estas fuentes alternativas están definidas en el capítulo D.

Para la fuente principal de suministro la selección generalmente se realiza entre una conexión a la red de baja tensión o a la de alta tensión de la red eléctrica pública.

En la práctica, puede ser necesaria la conexión a un suministro en alta tensión cuando la carga exceda (o esté planificado que pueda exceder) de cierto nivel, generalmente del orden de 250 kVA, o si la calidad del servicio necesaria es superior a la que está normalmente disponible desde una red de baja tensión.

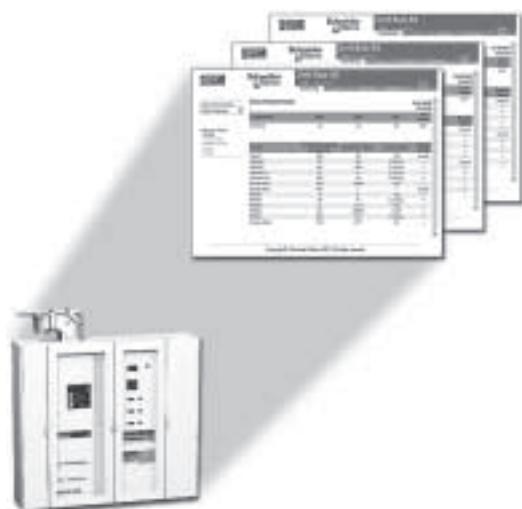
Por otra parte, si se prevé que la instalación produzca perturbaciones a los consumidores cercanos cuando esté conectada a la red de baja tensión, las autoridades encargadas del suministro pueden proponer un servicio en alta tensión.

Los suministros de alta tensión pueden contar con ciertas ventajas: de hecho un consumidor de alta tensión:

- No tiene perturbaciones de otros consumidores como puede ser el caso de la baja tensión.
- Es libre de elegir cualquier tipo de sistema de conexión a tierra de baja tensión.
- Puede elegir entre más tarifas económicas.
- Puede aceptar incrementos muy grandes de carga.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que:

- El consumidor es el propietario del centro de transformación de alta/baja tensión y, en algunos países debe construirlo y equiparlo de su propio bolsillo. La empresa suministradora puede, en determinadas circunstancias, participar en la inversión, al nivel de la línea de alta tensión por ejemplo.
- Una parte de los costes de conexión pueden, por ejemplo, recuperarse a menudo si se conecta un segundo usuario a la línea de alta tensión un cierto tiempo después de la conexión original del consumidor.
- El consumidor tiene acceso sólo a la parte de baja tensión de la instalación, el acceso a la parte de alta tensión está reservado al personal de la empresa suministradora (lectura de contador, operaciones, etc.). Sin embargo, en determinados países, el consumidor puede acceder al interruptor automático protector de alta tensión (o interruptor de carga con fusibles).
- El tipo y la ubicación del centro de transformación se acuerdan entre el consumidor y la empresa suministradora.



El sistema de supervisión y control de la potencia puede ser de gran ayuda para el usuario o el propietario de una red eléctrica.

Las empresas cada vez se mueven más rápido, la utilización de las instalaciones de los edificios también. Una red eléctrica tiene entonces que enfrentarse a generaciones sucesivas de necesidades, que conducirán a muchas evoluciones en la carga, pero seguramente también a evoluciones de “servicios asociados”, por ejemplo el seguimiento de costes debidos a un nivel de competitividad superior.

Incluso si la decisión es invertir posteriormente, el diseño de la red tiene que tener en cuenta que se podría instalar un sistema de utilización y control, y si el equipo estuviera anticipado a su integración sería una ventaja muy competitiva.

Hoy en día, contar con el enfoque “supervisión y control de alimentación” no conlleva la instalación de un sistema complejo y caro.

Algunas de las características más simples son realmente asequibles con un buen retorno de la inversión porque se puede integrar directamente en el equipo de potencia.

Este sistema puede compartir de un modo sencillo el medio de comunicación de la web de intranet del usuario.

Además, la operación no precisa de aptitudes o preparación específica. Sólo precisa la utilización de software sin licencia como los navegadores de Internet.

La capacidad de actualización también es una realidad basada en nuevas tecnologías que llegan para el mundo de la oficina y la comunicación (ahora puede ejecutar varios protocolos en el mismo medio, el heredado y el nuevo). Así, el hecho de aprovecharse de estas nuevas posibilidades será cada vez más un comportamiento diferenciador.

5.1 Principales beneficios del usuario

El control y supervisión de la energía puede ser interesante principalmente por cuatro motivos:

- Puede contribuir al incremento en la eficacia de los usuarios.
- Puede contribuir a la disminución del coste de energía.
- Puede ayudar en la optimización y en el incremento de la duración de la vida útil de los activos asociados a la red eléctrica.
- Finalmente puede ser imprescindible para incrementar la productividad del proceso asociado (proceso industrial o incluso de oficina, gestión de edificios), mediante la prevención o la reducción de las paradas, o la garantía de mayor calidad de energía a los receptores.

Incremento de la eficacia del personal de mantenimiento

Uno de los retos del personal de mantenimiento de la red eléctrica es tomar la decisión correcta y actuar en el mínimo tiempo.

La primera necesidad de esas personas es conocer mejor lo que ocurre en la red y, posiblemente desde cualquier lugar de la instalación en cuestión.

Esta transparencia en lo que respecta al lugar es una característica clave que permite al personal de mantenimiento:

- Interpretar los flujos de energía eléctrica - comprobar que la red está compensada correctamente, quiénes son los consumidores principales, en qué período del día, de la semana...
- Interpretar el comportamiento de la red - un disparo en una unidad de alimentación es más fácil de entender cuando se tiene acceso a la información de las cargas aguas abajo.
- Estar informado espontáneamente sobre los eventos, incluso fuera del lugar en cuestión mediante la comunicación móvil actual.
- Dirigir directamente a la ubicación correcta en el lugar con el recambio adecuado y con la comprensión completa del estado de la red.
- Iniciar una acción de mantenimiento teniendo en cuenta la utilización real de un equipo, ni demasiado pronto, ni demasiado tarde.

Disminución del coste de energía

La factura de suministro eléctrico puede ser un gasto significativo para las empresas, pero al mismo tiempo no es en lo que se fijan los directores en primer lugar.

Sin embargo, el hecho de que se proporcione al electricista un modo de supervisar la red eléctrica, se puede ver como un medio muy importante de optimizar y, en ciertos casos, reducir considerablemente el gasto en energía.

5 Supervisión y control del suministro

Aquí tenemos algunos ejemplos de la utilización principal de los sistemas de supervisión más sencillos:

- Establecer comparativas entre zonas para detectar un consumo anormal.
- Realizar un seguimiento de un consumo inesperado.
- Asegurar que el consumo eléctrico no es superior al de los competidores.
- Seleccionar el contrato de suministro eléctrico adecuado para la instalación eléctrica.
- Configurar un deslastrado simple sólo utilizando la optimización de cargas manejables como las luces.
- Estar en disposición de solicitar la compensación por daños debida a la falta de calidad proporcionada por la empresa suministradora de electricidad. El proceso se ha detenido debido a una caída de la red.

Optimización de los activos

Un hecho cada vez más frecuente es que la red eléctrica evoluciona cada vez más y se produce una cuestión recurrente: mi red ¿va a soportar esta nueva evolución?

Es aquí donde normalmente un sistema de supervisión puede ayudar a que el propietario de la red tome la decisión correcta.

Mediante su actividad de registro, puede archivar la utilización real de los activos y luego evaluar con bastante precisión la capacidad que no está en uso de una red, un cuadro de distribución, un transformador...

Incremento de la duración de la vida útil de los activos

Un mejor uso de un activo puede incrementar su vida útil.

Los sistemas de supervisión pueden proporcionar información precisa sobre el uso exacto de un activo y luego el equipo de mantenimiento puede decidir la operación de mantenimiento apropiada, ni demasiado tarde ni demasiado pronto.

En algunos casos, también la supervisión de los armónicos puede ser un factor positivo para la duración de la vida útil de algunos activos (como motores o transformadores).

Incremento de la productividad mediante la reducción del tiempo de inactividad

El tiempo de inactividad es la pesadilla de cualquier persona que esté al cargo de una red eléctrica. Puede suponerle una pérdida importante a la compañía y la presión para iniciar de nuevo el suministro en un tiempo mínimo –y el estrés asociado para el operador– es muy alta.

Un sistema de control y supervisión puede ayudar a reducir el tiempo de inactividad de un modo muy eficaz.

Sin hablar de un sistema de control remoto que son los sistemas más sofisticados y que pueden ser necesarios para las aplicaciones más exigentes, un sistema de supervisión ya puede proporcionarle información importante que puede contribuir en gran medida a reducir el tiempo de inactividad:

- Proporcionándole al operador información espontánea, incluso remota, incluso fuera del lugar en cuestión (mediante comunicación móvil como GSM/SMS).
- Proporcionando una visión global del estado general de la red.
- Ayudando a la identificación de la zona que falla.
- Contando de modo remoto con información detallada adjunta a cada evento detectado por los dispositivos de campo (causa del disparo, por ejemplo).

El control remoto de un dispositivo se debe realizar pero no es necesariamente obligatorio. En la mayor parte de los casos es necesaria la inspección de la parte averiada donde se pueden realizar las acciones locales.

Incremento de la productividad mediante la mejora de la calidad de la energía

Alguna carga puede ser muy sensible a la falta de calidad de la electricidad y puede que los operadores se tengan que enfrentar a situaciones inesperadas si la energía de la calidad no está bajo control.

La supervisión de la calidad de la energía es, entonces, un modo apropiado de prevenir tales eventos o arreglar incidencias específicas.

5.2 Del sistema de supervisión y control de la red al equipo eléctrico inteligente

Tradicionalmente y durante años, los sistemas de supervisión y control se han centralizado y se han basado en los sistemas de automatización SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos)

La decisión de invertir en tales sistemas –señalado **(3)** en la **Figura A16** a continuación– se había reservado en realidad para las instalaciones con más demanda, porque eran grandes consumidores de energía o porque sus procesos eran muy sensibles ante la falta de calidad de la energía.

Tales sistemas basados en tecnologías de automatización estaban diseñados o personalizados por un integrador de sistemas y luego se instalaban *in situ*. Sin contar con el coste inicial, las habilidades necesarias para hacer funcionar correctamente este sistema y el coste de las actualizaciones para seguir las evoluciones de la red puede que hayan desanimado a que los usuarios potenciales inviertan en estos sistemas.

De esta manera, el enfoque indicado en **(2)**, basado en una solución dedicada al electricista, es mucho más apropiado para las necesidades específicas de la red eléctrica e incrementa en realidad la inversión realizada. Sin embargo, debido a su arquitectura centralizada, el coste del nivel de entrada de estas soluciones puede todavía resultar alto.

En algunas instalaciones los tipos **(2)** y **(3)** pueden convivir, proporcionando la información más apropiada al electricista cuando sea necesario.

Hoy en día ha llegado –indicado en **(1)**– un nuevo concepto de equipo eléctrico inteligente. Aprovechando la oportunidad de las tecnologías de Web, se ha convertido en una solución realmente asequible para la mayoría de los usuarios. Por otra parte, el propietario de las instalaciones puede invertir gradualmente en sistemas de supervisión más sofisticados.

El nivel 1 se puede considerar como un paso introductorio para dirigirse a los niveles 2 y 3, debido a la capacidad que tienen estas soluciones para coexistir en una instalación.

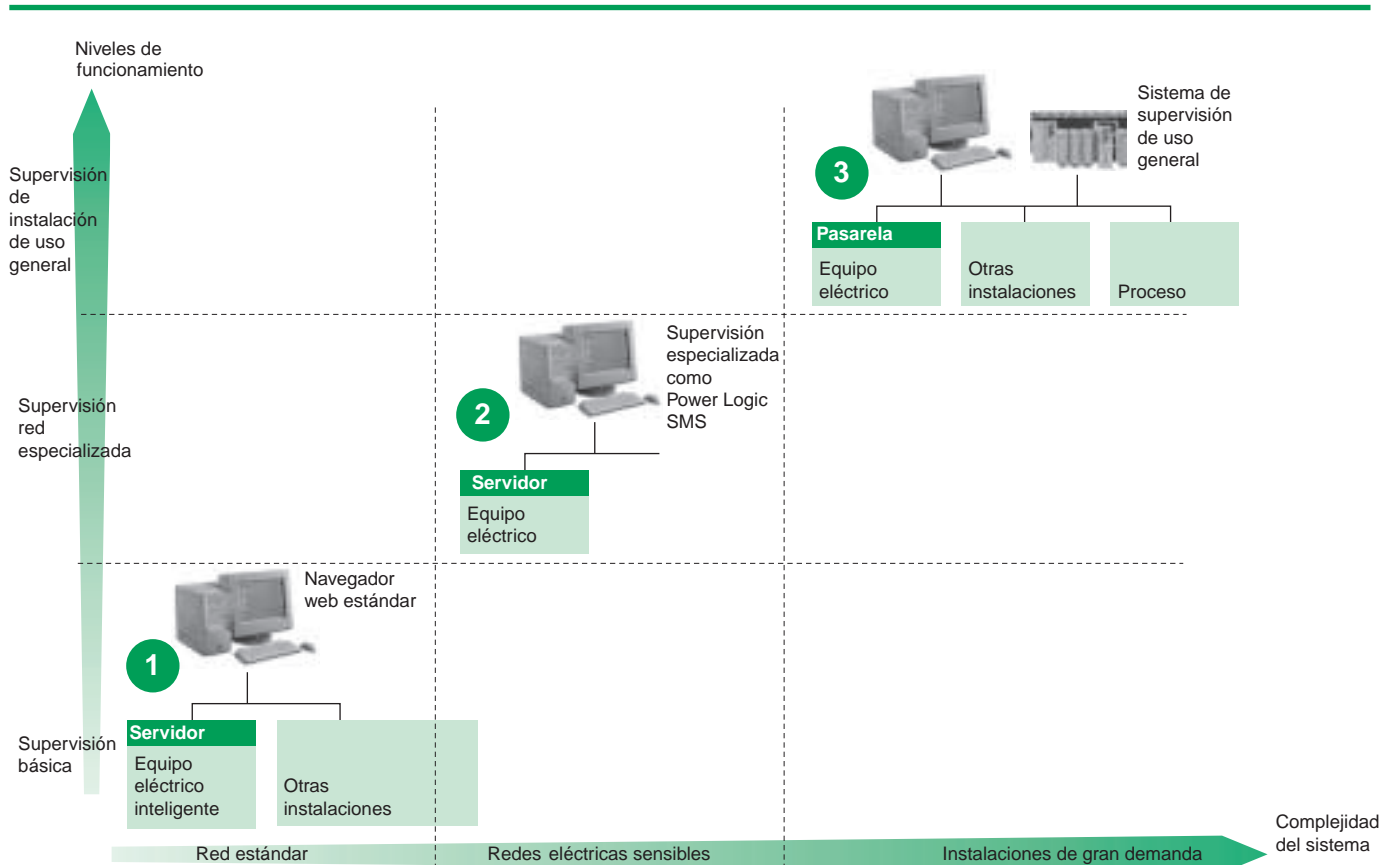


Fig A16: Situación de los sistemas de supervisión.

5 Supervisión y control del suministro

Arquitectura basada en equipos inteligentes (consulte Figura A17)

Esta nueva arquitectura ha aparecido recientemente debido a las capacidades de la tecnología Web y realmente se puede situar como un punto de entrada para los sistemas de supervisión.

Al estar basada en tecnologías Web, saca el máximo partido de los servicios y protocolos de comunicación estándar, así como del software sin licencia.

El acceso a la información de electricidad se puede realizar desde cualquier lugar de las instalaciones y el personal de mantenimiento eléctrico puede ganar mucho en eficacia.

También se ofrece apertura a Internet para servicios fuera de las instalaciones.

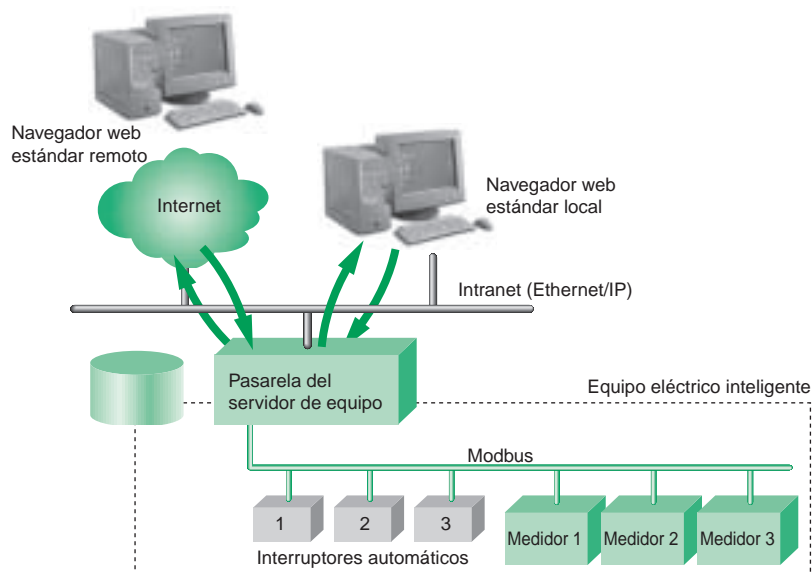


Fig. A17: Arquitectura de equipo inteligente.

Arquitectura centrada en electricistas especializados (consulte Figura A18)

(consulte Figura A18)

Dedicada al electricista, el hecho de que esta arquitectura esté basada en una supervisión específica significa que satisface completamente las necesidades en cuanto a la supervisión de una red eléctrica. Así, ofrece de modo natural un nivel de especialización inferior para configurarlo y mantenerlo (todos los dispositivos DE ya están presentes en una librería dedicada). Finalmente, los costes de compra se minimizan realmente debido al bajo nivel de esfuerzo integrador del sistema.

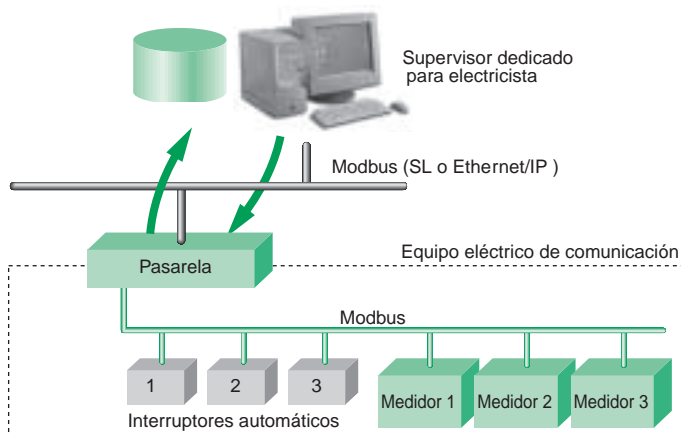


Fig. A18: Sistema de supervisión de especialistas DE.

Arquitectura centralizada en uso general (consulte **Figura A19**)

Aquí se muestra una arquitectura típica basada en piezas de automatización estándar tales como los sistemas SCADA y pasarelas.

A pesar de su eficacia real, esta arquitectura tiene algunas desventajas como:

- El nivel de aptitud necesario para trabajar con ella.
- La dificultad de su actualización.
- Y, finalmente, el riesgo en cuanto a rentabilidad de estas soluciones.

Sin embargo no cuentan con ningún equivalente para los lugares con una fuerte demanda y aparecen como muy relevantes para centros de operaciones centrales.

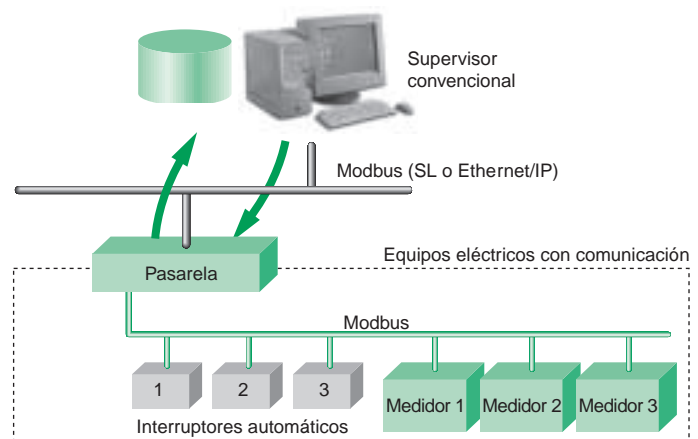


Fig. A19: Sistema de control y supervisión convencional en tiempo real.

5.3 Servicios estándar que posiblemente pueden proporcionar los equipos inteligentes comparados con otras soluciones

El objetivo de esta comparación es el de proporcionar ayuda ante la selección del sistema apropiado mediante el conocimiento de los pros y los contras de cada uno (consulte **Figura A20**).

Servicio "inteligente"	Electricidad inteligente	Supervisión de especialista DE	Supervisión de instalación de uso general
Acceso a información local sobre electricidad en tiempo real	++	+	
Acceso a información remota sobre electricidad en tiempo real	++	+++	++
Acceso móvil a la información	+++	++	
Supervisión relacionada con las instalaciones (red DE)	+	+++	+++
Supervisión de varios procesos	+		+++
Registro de datos	+	+++	++
Tendencia	+	+++	++
Alarma	+	+++	++
Control remoto - funciones automatizadas		+	+++
Funciones avanzadas para optimizar la gestión de la red eléctrica	+	+++	
Utilidades			
Facilidad de uso/formación para el electricista	+++	++	
Asequibilidad (basada en el coste inicial)	+++	++	
Capacidad de actualización para seguir las evoluciones de la red	++	++	

Fig. A20: Servicios típicos comparados con otras soluciones.

5 Supervisión y control del suministro

5.4 Términos técnicos en los sistemas de comunicación

A continuación aparece un glosario rápido relacionado con los principales términos asociados a las tecnologías de la comunicación.

Capa de comunicación - Modelo OSI

El concepto de capa de comunicación es útil para entender el glosario de comunicación y cómo estos términos se pueden asociar o no.

En cuanto al modelo OSI (consulte **Figura A21**) existen 7 capas de comunicación, pero toda la comunicación no se refiere siempre a las 7 capas. Además, a veces se añade una 8.ª capa para describir la redacción y los servicios específicos del dominio.

Ethernet

Ethernet es la palabra común que designa la familia estándar 802.3.

Ethernet se refiere a las capas OSI 1 y 2 de un medio de comunicación. La utilización de Ethernet no es suficiente en absoluto para especificar que un medio de comunicación funcione de modo interactivo entre dos dispositivos.

Ethernet 802.3 normalmente está asociado a otras palabras para definir otros aspectos de la red:

Ethernet 802.3 10 Base T ⇒ es igual a Ethernet 10 Mb/s con el conector RJ45

IP

IP significa "Protocolo de Internet".

Sin embargo, aunque Internet haya tenido su factor de éxito eficaz, IP no es exclusivo de Internet.

IP también se utiliza ampliamente para "uso interno" como para una intranet, pero también para "zona" cerrada.

IP es una comunicación intermedia que permite la comunicación entre dos dispositivos a distancia aunque se utilicen muchos tipos de medios sucesivos.

El conmutador de un tipo a otro es totalmente transparente para la "aplicación".

RS 485

RS 485 es un estándar eléctrico que define un medio de comunicación en serie compensado.

Modbus

Modbus es originalmente un protocolo de comunicación configurado por la compañía Modicon.

Ahora, la definición Modbus está bajo la gestión y propiedad de Modbus-IDA.org association, una asociación abierta e independiente cuyo rol es extender y asegurar la interoperabilidad de Modbus.

El protocolo de mensajería Modbus se refiere a la capa 7 del modelo OSI.

Se puede asociar a medios diferentes:

- Línea serie como los estándares RS 485 y RS 232 ⇒ el modo más común para definir Modbus.

- Ethernet (de hecho sobre TCP/IP, sobre Ethernet).

Pero Modbus también es capaz de funcionar a través de módem, cualquiera que sea el tipo (PSTN, Radio, GSM...).

Modbus ahora se reconoce como un estándar de hecho para las aplicaciones eléctricas en el campo de la industria y la construcción.

Tecnologías Web

Mediante esta formulación incluimos todas las tecnologías normalmente utilizadas a través de Web para:

- Visualizar información (ficheros HTML sobre protocolo HTTP/HTTPS).
- Enviar mensajes electrónicos (protocolo SMTP/POP).
- Recuperar/intercambiar archivos (FTP).
- Gestionar la red (SNMP).
- Sincronizar los dispositivos anexados a la red (NTP/SNTP).
- ...

Estos protocolos están gestionados por IETF, una asociación internacional.

La utilización de tecnologías Web a menudo no necesita licencia para el usuario porque son las bases de las herramientas comunes tales como los exploradores de Web.

Interoperabilidad

Para asegurar la interoperabilidad, al menos las 7 capas de comunicación de OSI deberían ser absolutamente compatibles entre ellas. Esto significa por ejemplo que el hecho de tener dos dispositivos Ethernet (OSI capa 1 y 2) no significa que estos dispositivos vayan a interoperar.

		bus RS 485	Ethernet	Ethernet IP	Modbus TCP/IP	Ethernet
8	Servicios					
7	E/S de	X				X
6	Presentación					
5	Sesión					
4	Transporte			X		X
3	Red			X		X
2	Armadura	X	X	X		X
1	Físico	X	X	X		X

Fig. A21: Capas OSI, de 1 a 8.

5.5 Restricciones importantes a tener en cuenta para diseñar un equipo eléctrico inteligente o de comunicaciones

Elección del bus del equipamiento

Aquí están las restricciones principales que hay que evaluar al seleccionar una red de comunicaciones:

- Apertura y desarrollo.
- Capacidad probada para funcionar en un entorno eléctrico severo.
- Disponibilidad de dispositivos de alimentación adaptables al bus con garantía de interoperabilidad.
- Nivel de esfuerzo en la interfaz de equipo eléctrico para que se pueda comunicar con el resto del sistema (disponibilidad de arquitectura fluida).
- Accesorios de comunicación de bus para facilitar el cableado en el interior del cubículo.

Modbus en una línea serie es, hoy en día, uno de los medios de comunicación más estables en el entorno de la distribución eléctrica y compatible con la mayoría de los dispositivos de terceros. También ha sido seleccionado por la mayor parte de los fabricantes como su red preferida. Su apertura fácil y fluida a Ethernet es una garantía para una integración sencilla en el resto del sistema. También se puede ver como un modo fácil de actualizar en el futuro, sin impacto en las aplicaciones conectadas.

Topología del bus del equipamiento

La topología del bus del equipamiento debe ser suficientemente flexible para que se pueda utilizar en toda la estructura del equipo.

Algo que también es importante es la capacidad de desconexión de secciones dentro del equipamiento eléctrico para su transporte.

Normalmente hay necesidades de terminación (impedancia) en los extremos del bus.

Cuanto mayor sea la velocidad del bus, mayor será su sensibilidad frente al cableado, terminaciones y tomas de tierra.

Toma de comunicación frontal

Para facilitar el trabajo de los operadores, es muy beneficioso introducir una toma en la puerta frontal del equipo.

Esta opción será aún más eficaz si desde este cuadro de distribución el operador no sólo puede tener acceso a la información relacionada con el equipamiento eléctrico conectado, sino con el resto de la instalación (por ejemplo cuadro eléctrico aguas abajo o aguas arriba).

Alimentación auxiliar

Del mismo modo que el bus de comunicación, la alimentación auxiliar se tiene que distribuir a los dispositivos de alimentación principales. Normalmente es necesaria una alimentación auxiliar en corriente continua aislada.

Su distribución se puede fusionar con los medios de comunicación: el mismo cable incluye la alimentación auxiliar y de comunicación.

Accesorios de comunicación

Puede que sean necesarios los accesorios de comunicación para facilitar el cableado y el mantenimiento del cuadro eléctrico. Entonces ofrecerá más facilidad de lectura y conocimiento del cableado interno del cuadro eléctrico. También puede hacer posible la desconexión de un dispositivo de comunicación en línea.

Opciones de medida eléctrica

La medida es uno de los pilares básicos de la supervisión de la alimentación.

Puede que en el futuro sea una característica sistemáticamente requerida.

Existen principalmente dos conceptos básicos para añadir una medida en un equipo eléctrico:

- Implementar TC en el cable o en el juego de barras. Puede que ocupe espacio pero es la única solución para renovar una instalación.
- La utilización de los relés de protección multifunción que posiblemente integran esa característica y que se pueden actualizar en ese sentido.

Incluso si los requisitos de hoy no incluyen la medida, tiene mucho sentido realizar algunas disposiciones para que se pueda introducir más tarde: seleccionando dispositivos de alimentación que puedan evolucionar a dispositivos internos de medida o reservando el espacio necesario para añadir CT si fuera preciso.

