

Recomendaciones para el diseño y operación de instalaciones eléctricas en infraestructuras críticas



Recommendations for the design and operation of electrical installations in critical infrastructures



José-Ignacio García-Román, Fermín Barrero-González, Eva González-Romera, María-Isabel Milanés-Montero
 Universidad de Extremadura (España)

DOI: <https://doi.org/10.6036/8208> | Recibido: 11/11/2016 • Evaluado: 11/1/2016 • Aceptado: 20/01/2017

ABSTRACT

- This paper presents a good practices guide of design, execution and operation of electric energy supply installations for critical infrastructure or equipment. The objective is to diminish the risk or duration of supply interruptions, due to both internal and external causes. The paper provides an updated overview based on authors' professional experience. Suggestions are included for internal distribution system and local power supply systems. Their influence in installation reliability is also commented.
- **Key words:** Power supply continuity, reliability, critical infrastructure, local power supply, redundancy in installations.

RESUMEN

El presente artículo presenta una guía de buenas prácticas para el diseño, ejecución y operación de instalaciones que suministran energía eléctrica a infraestructuras críticas o a equipos cuyo funcionamiento sea esencial. El objetivo es disminuir el riesgo de interrupciones de suministro y/o minimizar su duración, considerando tanto el caso de causa interna como el de externa a la propia instalación. Este trabajo aporta una visión global, actualizada y basada en la experiencia práctica profesional de los autores, recogiendo recomendaciones, tanto para la instalación receptora como para los equipos de alimentación propios, y comentando cómo afectan estas medidas a la fiabilidad de la instalación.

Palabras clave: Continuidad del suministro eléctrico, fiabilidad, infraestructuras críticas, suministro complementario, redundancia de instalaciones.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el enfoque de la seguridad de suministro se pueden diferenciar tres tipos de instalaciones. Un primer grupo es el formado por aquellas instalaciones en las que una falta de suministro eléctrico supone una pérdida económica, pero las partes afectadas no estiman necesario realizar las inversiones necesarias para paliar ese problema. Un segundo nivel de exigencia lo constituyen las instalaciones en las que sus responsables, siendo conscientes del impacto económico de un fallo eléctrico, asumen criterios de mejora del diseño y mantenimiento, tal y como ocurre entre otras en la industria de fabricación continua. Por último, se tienen las instalaciones en las que resulta imperativo mantener su correcto

funcionamiento, sin interrupciones y con elevada calidad de suministro: es el caso de las llamadas instalaciones de infraestructuras críticas, tales como hospitales, laboratorios, centros de control tráfico o grandes centros deportivos o de espectáculos.

Precisando más, se define infraestructura crítica [1] como toda instalación, sistema, red o equipo físico y de tecnología de la información sobre las que descansa el funcionamiento de servicios esenciales, y cuyo funcionamiento es indispensable y no admite soluciones alternativas. Los servicios esenciales son los considerados como necesarios para el mantenimiento de las funciones sociales básicas, la salud, la seguridad, el bienestar social y económico de los ciudadanos, o el eficaz funcionamiento de las instituciones del Estado y las Administraciones Públicas.

Los efectos devastadores que tienen lugar en el caso de colapso de este tipo de instalaciones impulsaron a gobiernos y asociaciones profesionales a establecer una serie de reglamentos, normas y directrices. En el ámbito nacional están reguladas por la Ley 8/2011 de 28 de abril [1] y por el reglamento que lo desarrolla, el RD 704/2011 de 20 de mayo [2]. En un ámbito supranacional de la UE son documentos de referencia la Directiva 2008/114 del Consejo de la Unión Europea [3] y el libro verde sobre un programa europeo para la protección de infraestructuras críticas [4].

En la legislación se establecen aquellos sectores estratégicos dotados con este tipo de instalaciones; son los indicados a continuación:

- Administración
- Agua
- Alimentación
- Energía
- Espacio
- Industria Química
- Industria Nuclear
- Instalaciones de Investigación
- Salud
- Sistema Financiero y Tributario
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)
- Transporte.

Todos estos sectores presentan en común dos requerimientos fundamentales, por un lado la seguridad e integridad de la información y comunicaciones, y por otro, la continuidad del suministro de energía eléctrica. Ambos requerimientos se encuentran estrechamente relacionados, toda vez que el adecuado suministro

de energía eléctrica resulta casi siempre imprescindible para mantener el funcionamiento de los equipos encargados de la gestión de la información y las comunicaciones; y, recíprocamente, ciertos sistemas de información y comunicaciones son necesarios para el adecuado funcionamiento de los sistemas de suministro de energía eléctrica.

La seguridad de la información y las comunicaciones es un problema cada día más importante debido a su enorme influencia en el correcto funcionamiento de las infraestructuras críticas [5]. Esto ha llevado a numerosos gobiernos a crear agencias nacionales encargadas de lo que se conoce como ciberseguridad, al desarrollo de normativas y procedimientos específicos y a la confección de guías de buenas prácticas [6].

Por otro lado, en lo que concierne a la necesidad de asegurar el suministro de energía, se han desarrollado normas y procedimientos de diseño de las instalaciones, tanto para redes de transporte y distribución como para las instalaciones receptoras. En unos casos estos documentos han sido elaborados por las diversas administraciones, como es el caso de suministro a sistemas sanitarios [7], [8]. En otros casos se trata de normativa propia de empresas o generada por entidades privadas [9], [10].

Tomando como base la extensa y variada normativa existente al respecto, así como la experiencia en la práctica profesional, el presente artículo pretende concretar los requerimientos y las medidas en una serie de recomendaciones generales para el diseño, ejecución y mantenimiento de instalaciones eléctricas que suministren energía a infraestructuras o equipos esenciales, con el objetivo de disminuir el riesgo de interrupciones de suministro y minimizar su duración. Para ello, el documento se estructura abordando en primer lugar las indicaciones para la instalación receptora, formada por la acometida, el centro de transformación, los cuadros de alimentación y las líneas generales de alimentación; después, se trata lo referente a los equipos de alimentación propios.

2. RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN RECEPTORA

En este apartado se tratan las recomendaciones relacionadas con la instalación eléctrica y su relación con la red de suministro exterior. No se abordan los aspectos de seguridad ante catástrofes naturales, que se habrán considerado en el proyecto de construcción del edificio.

2.1. ACOMETIDA

La acometida es el tramo de la red, responsabilidad de la empresa distribuidora, que conecta la red de esta con la instalación receptora. La primera medida considerada en muchas normas y procedimientos para aumentar la disponibilidad de suministro es dotar a la instalación de doble acometida (ITC-BT 28 del RBT [8]) Generalmente no es difícil disponer de esa posibilidad en entornos urbanos con redes en anillo. En cualquier caso, es necesario concretar las características que debe cumplir esa doble acometida para que cumpla su función de manera efectiva. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Que la doble acometida no discorra por lugares comunes pues, en ese caso, existe la posibilidad de que la ocurrencia de un incidente en ese tramo, afecte al propio suministro.
- Hay que considerar si el trazado de las acometidas es aéreo o es subterráneo, dado que, según el caso, presentarán distinto índice de averías y distintos tiempos de reparación.
- Estudiar los tipos de protecciones utilizadas en las líneas de

alimentación, así como la posible instalación de sistemas de telecontrol que permitan disminuir los tiempos de reposición del servicio.

- Disponer canalización de reserva para reposiciones del servicio o ampliaciones sin afectar al suministro.
- Conocer y tratar de evitar que las acometidas crucen o discurren paralelas a otros servicios. Esta medida es importante, ya que es sabido que un porcentaje significativo de averías en la red de alimentación tienen su origen en los trabajos realizados en otras redes. Para facilitar esta tarea, existen empresas proveedoras de información que proporcionan los planos de redes de distintas empresas de servicios que operan en determinada zona; la empresa Inkolan [11] es una de ellas. El conocimiento de esta información es obligatorio en la fase de diseño y ejecución de la acometida.
- Recabar información sobre la subestación o subestaciones de procedencia de cada una de las acometidas, en lo referente a la existencia de transformadores de repuesto y al esquema de conexión de la apartada (simple o doble barra, embarrado en anillo, etc.), factores con una gran incidencia en la fiabilidad de la propia subestación y, por tanto, también en la instalación alimentada.
- La doble acometida debe seguir un trazado en el interior de la instalación completamente independiente, de manera que pueda actuarse sobre ella o sus elementos de mando y protección sin afectar a otras partes de la instalación.
- Por supuesto, hay que solicitar a la compañía encargada del suministro eléctrico que informe previamente sobre las actuaciones de mantenimiento o ampliación de su red que pudieran afectar al suministro, con el objeto de evitar la coexistencia temporal de esas actuaciones con operaciones de mantenimiento en la instalación receptora, o que impliquen la necesidad de tomar precauciones adicionales.

2.2. SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA O CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La mayoría de las instalaciones receptoras correspondientes a infraestructuras críticas demandan una potencia tal que su suministro ha de ser en alta tensión. Ello obliga a disponer de una o más instalaciones transformadoras, centros de transformación en la mayoría de los casos, con uno o varios niveles de tensión. Para esta parte de la instalación han de tenerse presente las siguientes consideraciones.

- Desde el punto de vista de la ubicación, es necesario que los elementos eléctricos esenciales, y en particular los centros de transformación, se ubiquen fuera de zonas inundables o, en su defecto, dotar a la instalación de medios de drenaje adecuados, tales como bombas de achique y desagüe redundantes, dotados de su correspondiente sistema de transferencia de alarmas.
- En el caso concreto de centros de transformación modulares con celdas prefabricadas, éstas deben estar dispuestas de manera que cualquier actuación sobre el cableado o apartada correspondiente a una acometida no afecte al servicio de la otra acometida.
- La mejor opción desde el punto de vista de continuidad de suministro es la instalación de transformadores independientes con interruptor de transferencia entre barras en el secundario y capacitados cada uno de ellos para alimentar al total de la carga.
- Es preferible la instalación de transformadores en activo-reserva en lugar de transformadores en paralelo. En efecto,

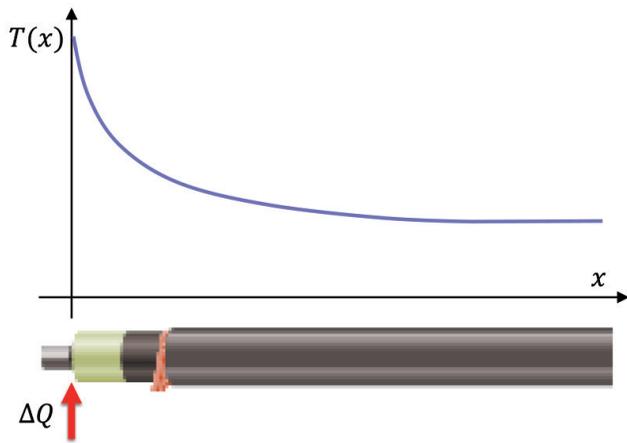


Fig. 1: Perfil de transmisión de temperatura en un conductor

con un solo transformador conectado, la potencia de cortocircuito en barras del secundario es menor que en el caso de dos transformadores en paralelo, lo que se traduce en menor exigencia a la aparamenta y, por tanto, en mayor fiabilidad. En este caso es conveniente que periódicamente se alternen en servicio ambos transformadores a fin de igualar sus horas de funcionamiento.

- El estado de carga de los transformadores deberá evaluarse sin corrección del factor de potencia, desconectadas las baterías de condensadores; para así considerar el caso desfavorable de avería y desconexión de dichas baterías, que podría conllevar sobrecarga del transformador. Además, éstas deberán ir dotadas de sistemas de detección y transmisión de alarmas por mal funcionamiento y desconexión. Esto es particularmente recomendable en aquellas instalaciones que presentan un nivel de carga elevado y sobre todo en el caso de transformadores de potencia con dieléctrico seco.

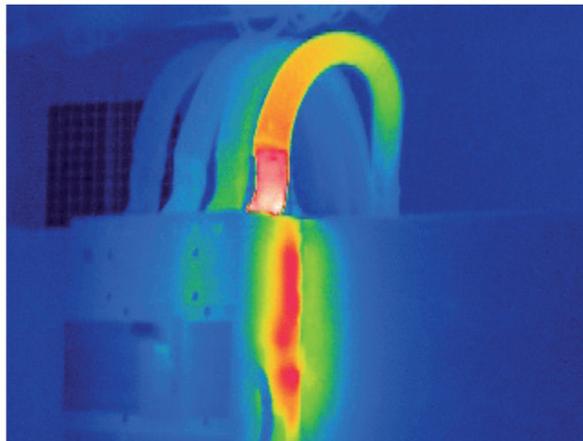
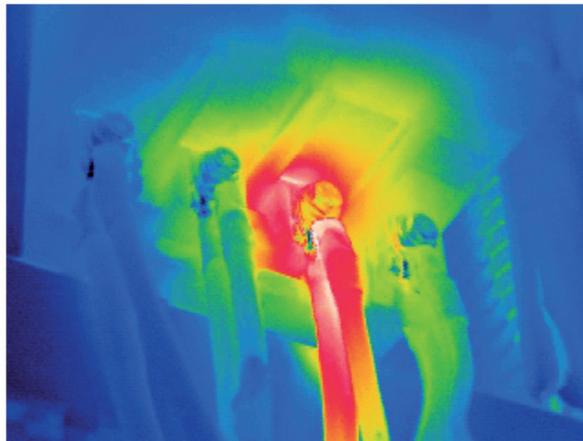
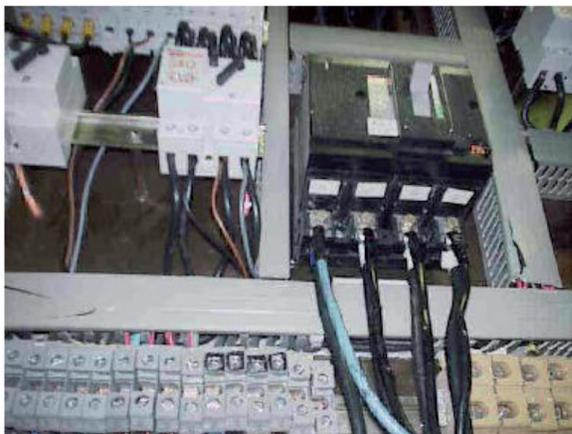
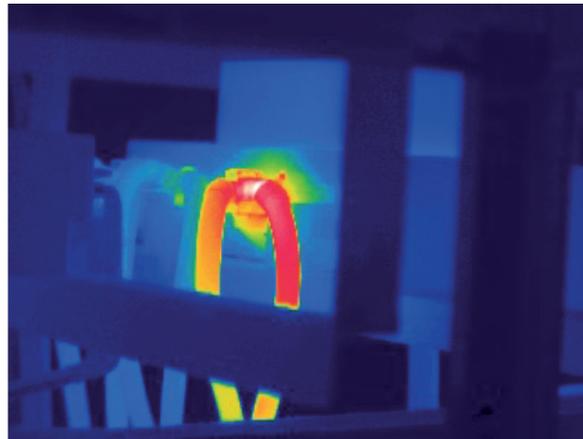


Fig. 2: Detalles de conexión de cables (izquierda) e imágenes termográficas (derecha)

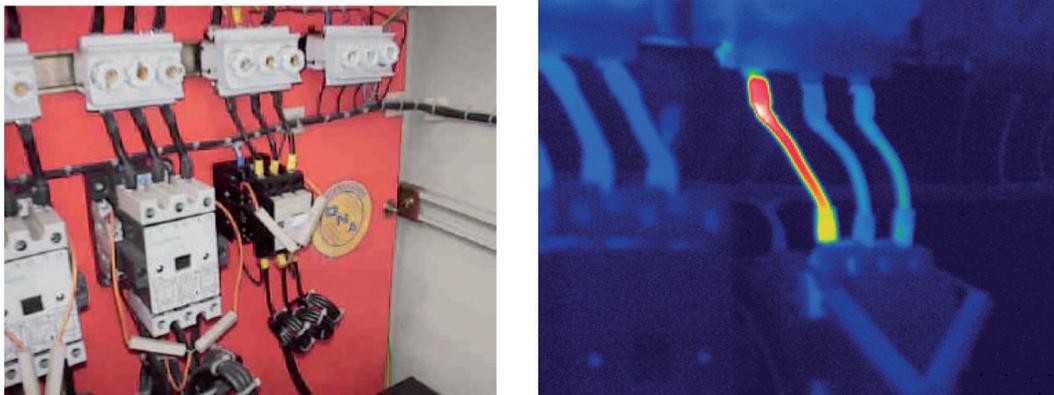
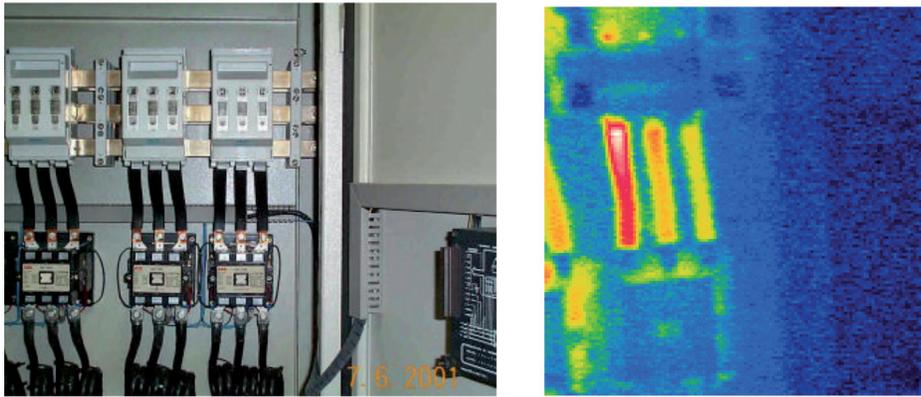


Fig. 3: Detalle de barras de pequeña longitud (izquierda) e imagen termográfica (derecha)

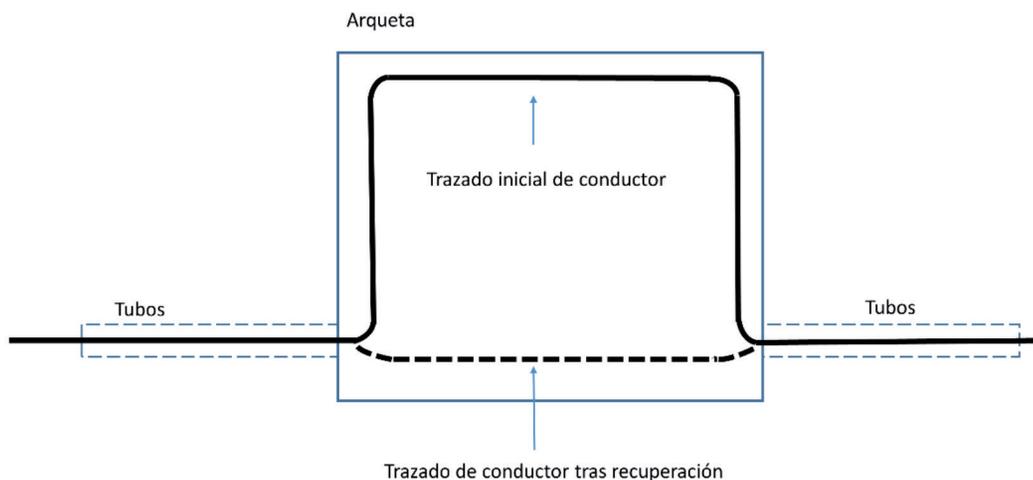


Fig. 4: Trazado del conductor por la arqueta



Fig. 5: Forma de S en conductores adosados a paredes

2.3. CUADRO GENERAL DE ALIMENTACIÓN Y SECUNDARIOS PRINCIPALES

La mayor parte de los problemas existentes en los cuadros de mando y protección tienen su origen en problemas de calentamiento. Si el calentamiento es generalizado, la causa más probable es la insuficiente ventilación, por un déficit de la misma o por obstrucción de filtros. Es recomendable realizar un dimensionamiento térmico del cuadro, considerando la ventilación necesaria para ello y una selección adecuada de la aparata. Además, es importante dotar a estos cuadros de sensores con transmisión de alarmas de alta temperatura y de desconexión o avería de los elementos de ventilación. Además, si las salas donde se ubica el cuadro general de alimentación o cuadros secundarios esenciales se encuentren refrigeradas, es conveniente que el control de temperatura en la sala contemple la instalación de un sistema ventilación adicional en caso de fallo del sistema de refrigeración.

Por otro lado, los problemas de calentamientos locales se producen, principalmente, en los puntos de conexión entre cables y aparata. Obviamente, si la fuerza de apriete no es suficiente, la consecuente holgura provocará ese calentamiento local. Ahora bien, también se dan situaciones en las que el calentamiento local es debido a la reducción de la sección conductora del cable en el punto de conexión. La observación y análisis de diversos casos en los que se dio esta situación permiten deducir como causa de la misma una inadecuada ejecución de la instalación. En efecto, cuando el instalador, para realizar una conexión,



Fig. 6: Longitud sobrante de cable en el interior de un cuadro eléctrico

procede a retirar el aislamiento del cable, mediante la herramienta de pelado, puede excederse en el uso de la misma, retirando no solo el aislante sino también parte del material conductor. Como consecuencia, la sección del cable en la conexión queda reducida, lo que dará lugar a un incremento de la resistencia y, por tanto, a un incremento de pérdidas por efecto Joule en esa zona, provocando el calentamiento local.

Incorporando el efecto de calentamiento local, la temperatura $T(x)$ a lo largo de un cable, partiendo del punto de conexión (Figura 1), considerando hipótesis conservadoras, puede expresarse como

$$T(x) = T_a + R_\theta I^2 \frac{\rho}{S} + \frac{(\Delta Q)_{x=0}}{KS\sqrt{1/R_\theta KS}} e^{-\sqrt{1/R_\theta KS} x} \quad (1)$$

donde T_a es la temperatura del ambiente que rodea al conductor; R_θ es la resistencia térmica total del conjunto cable más aire; ρ es la resistividad del conductor, Cu o Al; K es la conductividad térmica del conductor; I es el valor eficaz de la intensidad que circula y S es la sección del conductor.

Se puede observar que la expresión de la temperatura a lo largo del conductor está compuesta por tres términos.

1. El primer término expresa la temperatura que alcanza el conductor por estar inmerso en un ambiente con una temperatura T_a .
2. El segundo término expresa la temperatura que alcanzaría el conductor por estar recorrido a su vez por una intensidad I .
3. El tercer término expresa la temperatura que se irá alcanzando a lo largo del mismo por existir una aportación de calor adicional ΔQ en el punto de conexión.

El incremento de temperatura en las inmediaciones de la conexión puede resultar perjudicial debido a que la relación entre el envejecimiento del aislamiento del conductor y la temperatura de operación sigue una ley exponencial, con lo cual hay un tramo de conductor que envejece de forma más acelerada que el resto, pudiendo producirse una degradación del aislamiento que dé lugar finalmente a una derivación o a un cortocircuito. La Figura 2 muestra tres casos de conexionado de cables acompañados de las correspondientes imágenes termográficas, en las que se puede apreciar los puntos de calentamiento local.

Para prevenir los efectos perjudiciales, las partes dañadas de los cables deben ser sustituidas. En el caso de cables de poca longitud se puede reemplazar el cable completo por otro nuevo; sin embargo, para el caso de tramos de cierta longitud, esta solución no es adecuada, por motivos tanto económicos como de parada de la instalación. Esto puede evitarse si se tiene en cuenta la siguiente

recomendación: instalar los tramos de cable dentro del cuadro dejando intencionadamente una longitud superior a la necesaria; de este modo, en caso de que sea necesario, se puede proceder a su saneamiento, eliminando la parte dañada y realizando una nueva conexión.

El fenómeno descrito se hace más acusado en el caso de conductores puentes o barras de corta longitud, ya que el calentamiento local en una de las conexiones afecta a la otra y viceversa; el solape de las dos exponenciales eleva la temperatura de todo el cable. La Figura 3 muestra un caso práctico en el que se da esta situación.

2.4. LÍNEAS GENERALES DE ALIMENTACIÓN

Tal y como se ha indicado para los cuadros es conveniente que las líneas de alimentación a equipos esenciales, así como los cables de entrada a cuadros principales y salida a cuadros secundarios, estén dotadas de 'cierta holgura' o longitud adicional que permita subsanar de forma rápida daños por calentamientos localizados sin necesidad de cambios de conductores ni nuevos empalmes. En el caso de las líneas generales de alimentación se pueden adoptar diversas soluciones, según el tipo de instalación, entre las que se encuentran las siguientes:

- Si el trazado de los cables es canalizado, establecer en todas las arquetas una forma de cable como se indica en la Figura 4 que permita recuperar una cierta longitud para su saneamiento. Esta forma será factible siempre y cuando se cumpla que el radio de curvatura (doblado) sea superior al mínimo exigido en función del tamaño de la arqueta y del tipo de cable.
- En el caso de redes de corriente continua (en régimen permanente el efecto inductivo puede considerarse nulo) se puede permitir el almacenamiento de cables en una vuelta en arquetas pero no en el caso de corriente alterna pues no es conveniente la formación de espiras para evitar problemas de tensiones inducidas.
- En el caso de galerías con cables en suspensión adosados a las paredes, una forma adecuada para tener la longitud sobrante requerida, tal como se observa en la Figura 5, es instalar los cables dándoles una forma curvada en S, tanto en principio como en fin de trazado.
- En la mayoría de los casos, la longitud de cable sobrante puede acumularse en el cuadro general, siempre que su tamaño sea adecuado para ello, tal como se ve en la parte inferior del cuadro de la Figura 6.

Todas las formas y curvaturas del conductor deberán ser tales que respeten los radios de curvatura admisibles para ellos.

3. RECOMENDACIONES PARA LOS EQUIPOS DE ALIMENTACIÓN PROPIOS

En este apartado se tratan algunas recomendaciones relacionadas con la instalación de los equipos de alimentación alternativos, de los que debe disponer la instalación crítica para hacer frente a un fallo de alimentación de la red eléctrica de suministro exterior.

3.1. GRUPOS ELECTRÓGENOS

Es necesario dotar a la instalación de tomas para la conexión de grupos móviles tanto en el cuadro general de alimentación como en cuadros secundarios esenciales, como solución a eventuales averías del grupo general o de la red de alimentación a los cuadros secundarios. Estas tomas deben permitir la conexión y

desconexión de forma segura y simple, debiendo tener identificada la secuencia de fase para facilitar el proceso de conexión.

En el caso de que la instalación tenga como elemento de respaldo un grupo electrógeno fijo con refrigeración por torre, es preciso que la autonomía mínima necesaria del sistema de alimentación ininterrumpida o de los bancos de baterías que se utilicen sea siempre superior al tiempo necesario de parada del grupo por las limpiezas periódicas establecidas para el control y prevención de la legionelosis [12]. Si hubiera espacio es preferible que la refrigeración del grupo en lugar de torre utilice aeroventiladores.

3.2. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA Y BATERÍAS

Los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) permiten la alimentación de las cargas críticas cuando falla el suministro exterior, a costa de la energía almacenada en baterías, con tiempos de transferencia muy cortos o nulos en el caso de los SAI denominados de tipo *online*. Se indican a continuación recomendaciones de carácter general.

- Los SAIs deben tener concepción modular en sus etapas inversora y rectificadora y deben estar diseñados para admitir su funcionamiento en caso de fallo de uno de los módulos. Además, en instalaciones críticas tales como las de centrales nucleares se exige el funcionamiento con un margen de seguridad adicional de al menos un 10% para cualquier régimen de funcionamiento [13-14].
- Dado que es muy probable que las cargas alimentadas sean monofásicas, aunque se haya hecho un reparto de las mismas entre las fases para que resulte un total de carga lo más equilibrada posible, es recomendable comprobar el funcionamiento adecuado del SAI para los dos casos siguientes:
 1. Una fase descargada y las otras dos con una corriente igual al 100% de la nominal.
 2. Dos fases descargadas y la restante al 100%.
- En lo que se refiere a las baterías, deben estar constituidas por 2 bancos paralelo para permitir el cambio de elementos sin riesgo de interrupción de servicio, aunque se tendrá una disminución del tiempo de autonomía. Dicha autonomía debe ser siempre superior a la duración de los trabajos de mantenimiento o reparación previstos, considerando la carga mínima necesaria para no afectar la vida media prevista [15].
- La ubicación de las canalizaciones o bandejas de cables en las salas de baterías deben ser tal que no transcurran por la vertical de los bancos y estos deben estar dispuestos de manera que la sustitución de elementos sea factible y simple, sin interrumpir el servicio ni incurrir en riesgo de averías.
- En la sala en la que se ubiquen tanto el SAI como las baterías, no debe discurrir ninguna tubería o conducción de agua cuya fuga pueda ocasionar afectación del servicio; o bien, si no puede evitarse la presencia de la tubería, se dispondrá de una bandeja por debajo de ella que sirva para guiar las posibles fugas, dotada de sensor de humedad.
- En el caso de instalaciones muy críticas será necesario aplicar criterios de redundancias, separación física e independencia entre los SAI y las baterías, tal como se exige para las instalaciones nucleares [16].

4. CONCLUSIONES

En el presente artículo se han reflejado diversas recomendaciones para reducir el riesgo de interrupciones de suministro eléctrico

a infraestructuras críticas y su duración, en caso de producirse, así como para facilitar la reposición del servicio. Estas recomendaciones son independientes del cumplimiento de la normativa aplicable a la instalación, aunque compatibles con ella. A modo de resumen, cabe citar la redundancia de fuentes de alimentación o de partes importantes de la instalación, la dotación de longitud de conductor adicional para reparaciones o la adopción de medidas adicionales para evitar sobrecalentamientos. En todas las decisiones relativas al diseño de una instalación eléctrica de suministro a infraestructuras críticas es crucial la anticipación a los posibles fallos y la fiabilidad de las soluciones posibles. Las recomendaciones aquí recogidas surgen de la experiencia acumulada de los autores en instalaciones diversas y a consecuencia de incidencias tales como inundaciones o incendios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] España. Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas. Boletín Oficial del Estado, 29 de abril de 2011, núm. 102, p. 43370.
- [2] España. Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas. Boletín Oficial del Estado, 21 de mayo de 2011, núm. 121, p. 50808.
- [3] Unión Europea. Directiva 2008/114/CE del Consejo de 8 de diciembre de 2008 sobre la identificación y designación de infraestructuras críticas europeas y la evaluación de la necesidad de mejorar su protección. Diario Oficial de la Unión Europea, 23 de diciembre de 2008, núm. 345, p. 75.
- [4] Comisión Europea. Libro verde sobre un programa europeo para la protección de infraestructuras críticas. Bruselas: COM(2005) 576 final. [consulta Enero 2017]. Disponible en Web: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576&from=ES>.
- [5] Abdur Rahman HM. "Modelling and Simulation of Interdependencies between the Communication and Information Technology Infrastructure and other Critical Infrastructures". Tesis Doctoral. University of British Columbia Library, Vancouver, 2009. (DOI: <http://dx.doi.org/10.14288/1.0067769>).
- [6] Comisión Europea. Libro Verde sobre un programa europeo para la protección de infraestructuras críticas. Bruselas: COM(2005) 576 final. [consulta Enero 2017]. Disponible en Web: <http://www.osce.org/atu/103500?download=true>.
- [7] Department of Health/Estates and Facilities Division. Health Technical Memorandum 06-01, Part A: 'Electrical services supply and distribution'. TSO United Kingdom. 2007.
- [8] España. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Boletín Oficial del Estado, núm. 224, 18 de septiembre de 2002, p. 33084.
- [9] American Society of Civil Engineers. Guiding principles for the nation's critical infrastructure prepared by the ASCE Critical Infrastructure Guidance Task Committee. Reston, Virginia, USA, 2009. [consulta Enero 2017]. Disponible en Web: http://www.asce.org/uploadedFiles/Issues_and_Advocacy/Our_Initiatives/Infrastructure/Content_Pieces/critical-infrastructure-guiding-principles-report.pdf.
- [10] American National Standards Institute. Telecommunications infrastructure standard for data centers. TIA-942. Revision A. 2014.
- [11] Inkolan. <http://www.inkolan.com>.
- [12] España. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Boletín Oficial del Estado, núm. 171, 18 de julio de 2003, p. 28055.
- [13] German Nuclear Safety Standards Commission. Emergency Power Facilities with Static or Rotating AC/DC Converters in Nuclear Power Plants. KTA 3704:2013.
- [14] German Nuclear Safety Standards Commission. Emergency Power Facilities with Batteries and AC/DC Converters in Nuclear Power Plants. KTA 3704:2013.
- [15] Electric Power Research Institute. Stationary Battery Guide: Design, Application, and Maintenance: Revision of TR-100248. EPRI, California., 2002. [consulta Enero 2017]. Disponible en Web: <http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=00000000001006757>.
- [16] International Electrotechnical Commission. Nuclear Power Plants - Instrumentation and control systems important to safety- Requirements for electrical supplies. IEC 61225: 2005.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Junta de Extremadura y fondos FEDER mediante la ayuda GR15177.