

RIESGOS PRESENTES EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MIGUEL A. LÓPEZ MARTÍN

La energía eléctrica ha aportado innumerables ventajas a la humanidad, así como cambiado radicalmente el modo de vida y el desarrollo económico ligado, directa o indirectamente, a la electricidad.

Por contra, la energía eléctrica es peligrosa y requiere trabajar con ella de forma responsable observando las normas de seguridad para su uso y manipulación, tanto de aparatos como de circuitos eléctricos.

A causa de esto, el número de accidentes eléctricos aumenta cada año, siendo algunos especialmente trágicos tales como «niño electrocutado en la piscina», «incendio en una empresa provocado por un cortocircuito», etc. Miguel A. López, Ingeniero Industrial de ATISAE, analiza en este estudio las diferentes clases de riesgos existentes en una instalación eléctrica y la forma de prevenirlos.

Los tipos de riesgos existentes en una instalación eléctrica, los podemos desglosar muy someramente en dos clases:

- a) Riesgos para las personas.
 - b) Riesgos para la integridad y funcionalidad de los bienes.
-

RIESGOS PARA LAS PERSONAS

Como su nombre indica, son aquellos riesgos que pueden causar daño a las personas, debido a los contactos de dichas personas con partes eléctricas en tensión, pudiendo llegar dicho daño del simple cosquilleo, hasta el paro cardíaco a causa de fibrilación ventricular.

La protección de las personas contra choques eléctricos reviste esencialmente dos aspectos:

- Protección contra contactos directos o contactos de las personas con partes activas de los materiales y equipos.
- Protección contra contactos indirectos o contactos de las personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión.

El cuerpo humano es muy sensible al paso de la corriente eléctrica, dependiendo los efectos fisiológicos producidos por el valor de magnitud de

la corriente que atraviesa el cuerpo humano, así como del tiempo de paso.

La intensidad que circula a través del cuerpo humano depende a su vez de:

- Edad, corpulencia y salud de la persona.
- Estado y humedad de la piel.
- Presión y superficie de contacto.
- Tensión de contacto y naturaleza de la corriente.

A continuación, pasamos a cuantificar los efectos producidos en el hombre por el paso de la corriente eléctrica en función de la intensidad que circula a través de él, así como del tiempo de aplicación de dicha corriente (Tabla I).

Zona tiempo/intensidad en corriente alterna de 50/60 Hz

El diagrama expresado en la Figura 1, está basado en las siguientes condiciones consideradas como normales:

- Personas con peso mínimo de 50 kg.
- Paso de corriente por extremidades.

Zona 1: No se presenta ninguna reacción.

Zona 2: Puede producirse reacción, pero normalmente sin efecto patológico.

Zona 3: Esta curva está separada de la zona 2 por la curva:

$$I = I_1 + \frac{10}{t}$$

TABLA I

| <i>Intensidad eficaz a 50 Hz (mA)</i> | <i>Duración del macroshock eléctrico</i> | <i>Efectos fisiológicos en el cuerpo humano</i> |
|---------------------------------------|--|--|
| 0-1 | Independiente | Umbral de percepción, no existe electrocución. |
| 1-15 | Independiente | Variable hasta tetanización. Imposibilidad de soltarse. |
| 15-25 | Minutos | Contracción de brazos. Dificultad de respiración, aumento de presión arterial. Límite de tolerancia. |
| 25-50 | Segundos | Irregularidades cardíacas. Aumento presión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsistencia. Aparece fibrilación ventricular. |
| 50 a 200 | Menos de un ciclo cardíaco | No existe fibrilación ventricular. Choque fuerte. |
| | Más de un ciclo cardíaco | Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución es independiente de la fase del ciclo cardíaco. Inconsciencia. Marcas visibles. |
| Por encima de 200 | Menos de un ciclo cardíaco | Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de fibrilización sólo en la fase sensitiva. Inconsciencia. Marcas visibles. |
| | Más de un ciclo cardíaco | Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemaduras. |

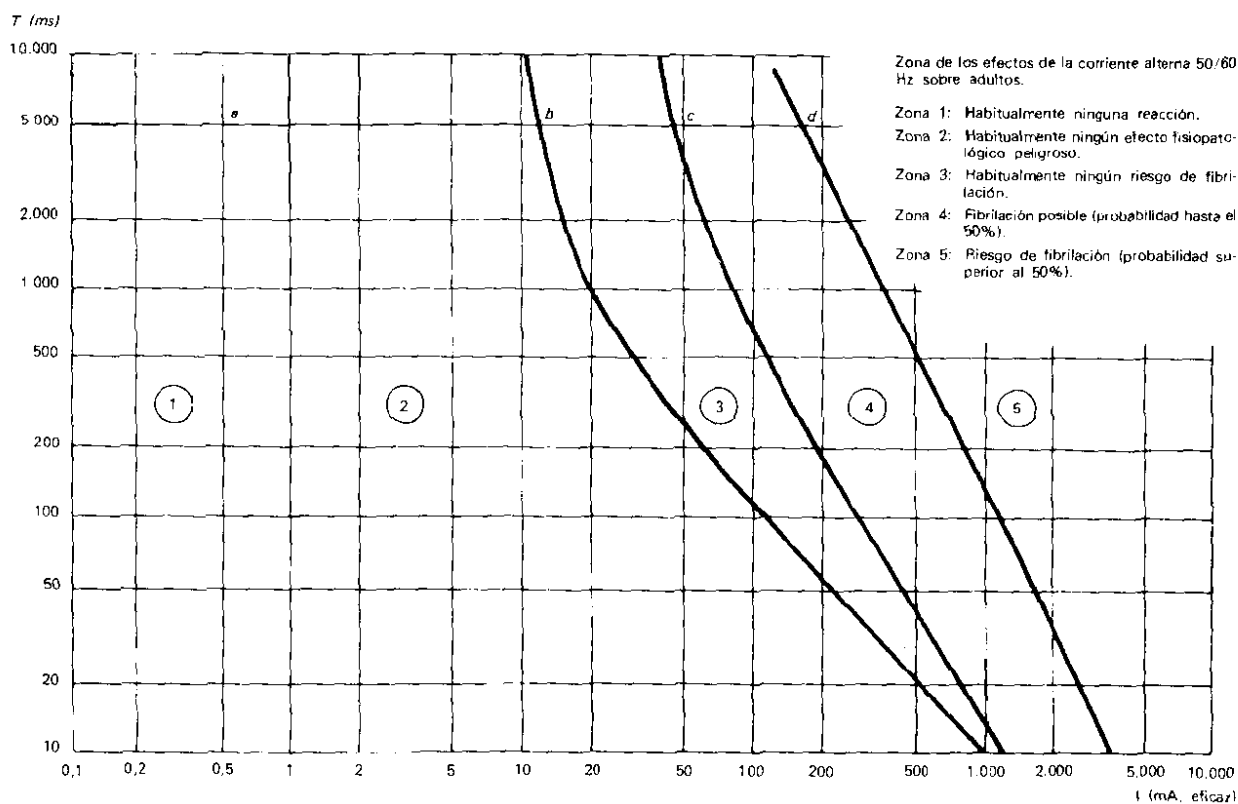


Figura 1

donde:

I = Corriente en mA expresada en valor eficaz.

I_1 = Corriente límite expresada en valor eficaz (tomado 10 mA).

t = Tiempo en segundos.

No presenta habitualmente riesgo de fibrilación ventricular.

Zona 4: Posible fibrilación ventricular.

Zona 5: Riesgo de fibrilación (probabilidad superior al 50%).

Zona tiempo/intensidad en corriente continua

Los efectos vienen reflejados en la Figura 2.

La determinación del límite superior de la zona 2, se puede presentar por la fórmula:

$$I_{cc} = I_{ca} \cdot \log_{10} t$$

t , en milisegundos (entre los límites de diez a diez mil ms).

I_{ca} , en valor eficaz.

Efectos de la corriente de débil intensidad en función de la frecuencia

Su efecto viene determinado en la Figura 3.

Como vemos, valores muy pequeños de la intensidad pueden provocar efectos irreversibles.

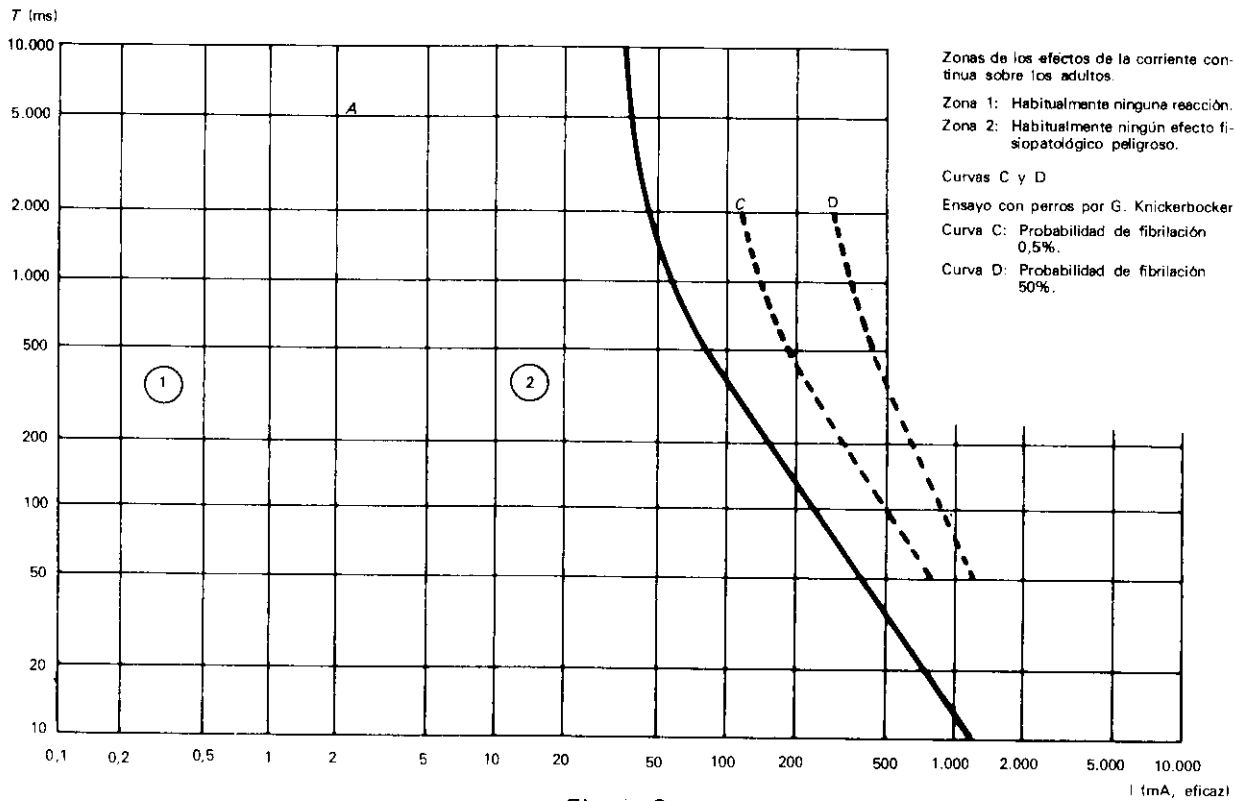


Figura 2

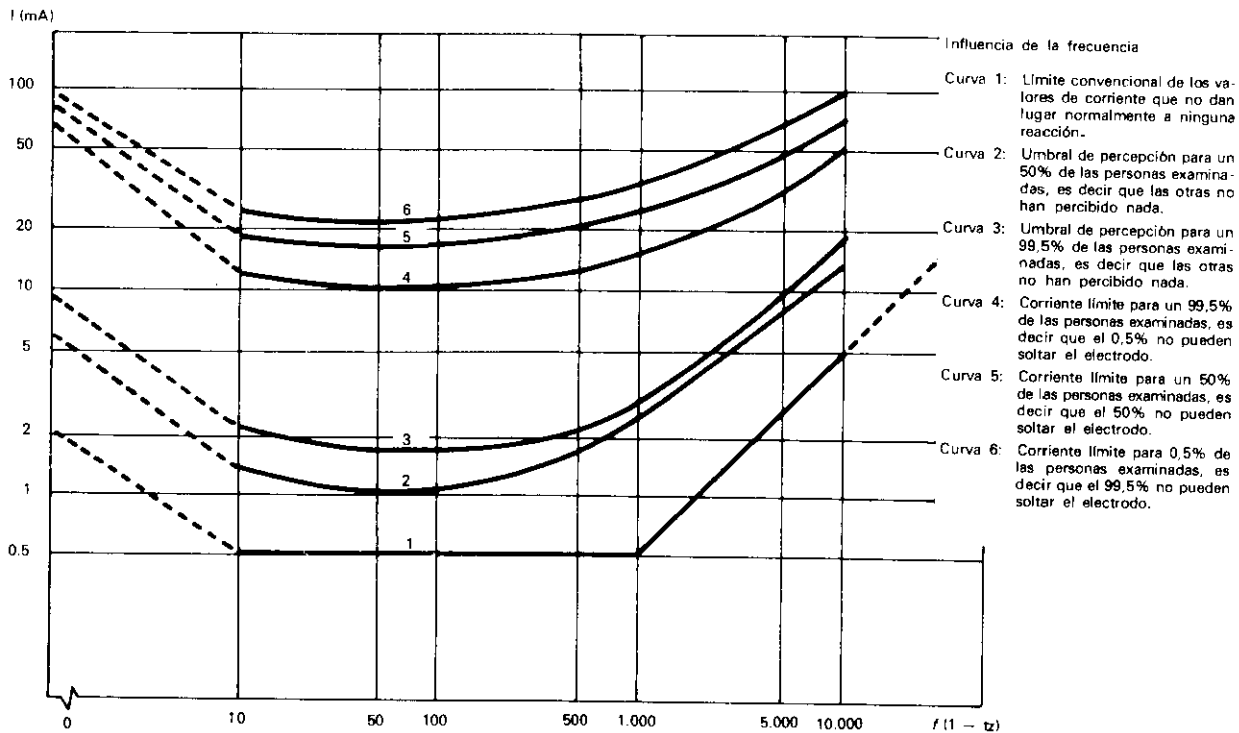


Figura 3

RIESGOS PARA LA INTEGRIDAD Y FUNCIONALIDAD DE LOS BIENES

Análogamente a los riesgos que las instalaciones eléctricas pueden presentar para las personas, están aquéllos que pueden presentar para las cosas a causa de que todo defecto eléctrico va asociado a un desprendimiento de calor, el cual puede ser el causante del incendio o la explosión.

Es habitual la lectura en la prensa que la fábrica X ha sido destruida a causa de un incendio provocado por un cortocircuito producido en la instalación eléctrica, tomándose como cosa inevitable, hecho que se podría haber remediado de haberse encontrado la canalización, receptores y elementos de protección correctamente, tanto en cuanto a su diseño como a su estado.

La electricidad es uno de los más frecuentes orígenes de incendio, pudiendo éste venir causado por una de las deficiencias descritas a continuación:

- Errores en el diseño.
- Ejecución de instalaciones defectuosas.
- Deficiente calidad de materiales o mal dimensionados.
- Sobrecargas producidas a causa de ampliaciones de potencia sin modificar las instalaciones ya existentes.
- Problemas de electricidad estática al no haberse establecido medidas para su prevención, o bien realizar una descarga controlada.

PREVENCIÓN DE RIESGOS

A continuación se describen cómo prevenir los riesgos descritos en el apartado anterior, prestando especial atención a las instalaciones de baja tensión.

Instalaciones de baja tensión

Para determinar las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso

de defecto (contactos indirectos) y contra sobretensiones, así como de las especificaciones de la aparatada encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los modos de distribución de una instalación, se reparten de acuerdo a tres esquemas posibles:

- Esquema TT: esquema de puesta a tierra del neutro.
- Esquema TN: esquema de puesta a neutro de las masas.
- Esquema IN: esquema de neutro aislado o impedante.

La primera letra indica la ligazón eléctrica entre el punto neutro y tierra a nivel del transformador.

T, para neutro puesto a tierra.

I, para neutro aislado o impedante.

La segunda letra indica la ligazón eléctrica entre las masas de utilización y la tierra o el conductor neutro.

T, para puesta a tierra de las masas.

N, para puesta a neutro de las masas.

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. En las instalaciones de baja tensión, alimentadas a partir de un centro de transformación del abonado, se podrá elegir cualesquiera de los tres esquemas citados.

El *esquema TT* se utiliza en empresas que no presentan o presentan pocos imperativos de producción (almacenes, empresas, redes de alumbrado o de tomas de corriente). Las masas de utilización están unidas a una toma de tierra separada o no, de la toma de tierra del neutro. Todo defecto eléctrico producido debe ser eliminado rápidamente por el equipo de mantenimiento.

En el *esquema TN* existen dos posibilidades de cableado para este modo de distribución:

- Los conductores neutro y de protección están confundidos.
- Los conductores neutro y de protección son distintos.

El punto neutro del transformador y las masas están unidos a la misma toma de tierra. En caso de defecto fase-tierra, la corriente de defecto es una corriente de cortocircuito monofásica. Se utiliza en empresas sin imperativos de producción importantes.

El *esquema IT* es empleado en empresas que tienen importantes imperativos de producción que, en caso de corte de alimentación de energía, lleva consigo costos importantes, ordenadores, etc.

Este tipo de esquemas necesita un equipo de mantenimiento competente que pueda realizar una revisión periódica de la red y un mantenimiento preventivo del aparellaje. Después de un primer defecto de aislamiento fase-tierra, aparece una débil corriente de circulación de algunos miliamperios. Esta corriente de circulación está limitada por la impedancia de puesta a tierra del neutro del transformador, así como por la impedancia de fugas de la red de baja tensión. Si este primer defecto no es eliminado, se podría producir un segundo defecto cuyo efecto es difícilmente controlable y peligroso para la explotación y el personal.

Una vez definidos los esquemas eléctricos, veamos cómo se realiza la protección de la instalación contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos.

Protección contra corrientes de sobrecarga

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ella pueda provocar un calentamiento que dañe el aislamiento, conexiones, terminales o el entorno de los conductores.

Las características de funcionamiento del dispositivo que proteja a la canalización contra las sobrecargas, debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_2$$
$$I_2 \leq 1,45 I_B$$

donde:

I_B = Intensidad para la cual se ha diseñado el circuito.

I_n = Intensidad de reglaje escogida.

I_2 = Intensidad admisible de la canalización.

I_2 = Corriente que asegura la efectiva operación del dispositivo de protección.

En la práctica I_2 , es tomado igual a:

- Intensidad de funcionamiento en tiempo convencional para disyuntores.
- Intensidad de fusión en tiempo convencional, para fusibles tipo gI.
- 0,9 veces la intensidad de fusión en tiempo convencional para fusibles tipo gII.

Protección contra corrientes de cortocircuito

Dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda corriente de cortocircuito en los conductores antes de que ésta pueda llegar a ser peligrosa, debido a los efectos térmicos y mecánicos en los conductores y las conexiones.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuitos, debe cumplir las dos condiciones siguientes:

- Su poder de corte debe ser al menos igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto donde esté instalada. Se puede admitir un dispositivo con poder de corte inferior, si es duplicado aguas arriba por un dispositivo con poder de corte necesario.
- El tiempo de corte de toda corriente que se produzca en un punto cualquiera de la instalación, no debe ser superior a aquél que lleve a los conductores a la temperatura máxima admisible. Este tiempo se considera inferior a 5 segundos.

Protección contra contactos directos

- Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con partes activas.
- Recubrimiento de partes activas con aislamiento apropiado.

Protección contra contactos indirectos

Existen dos clases de medidas de protección:

Clase A

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección.
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masa.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

Clase B

- Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.

Instalaciones de alta tensión

En estas instalaciones, nos vamos a limitar a describir la protección contra contactos indirectos.

Toda instalación eléctrica debe disponer de una protección o instalación de tierra, tal que la tensión máxima de contacto aplicada en función del tiempo de duración del defecto, nos venga dada por la fórmula:

$$V = \frac{K}{t^n}$$

$K = 72$, $n = 1$ para tiempos inferiores a 0,9 sg.

$K = 78,5$, $n = 0,18$ para tiempos superiores a 0,9 sg. e inferiores a 3 sg.

t = duración de la falta en segundos.

Para tiempos entre 3 y 5 sg., la tensión de contacto aplicada no sobrepasará los 64 V.

$$t > 5 \quad V < 64$$

Instalaciones de nueva construcción

Las comprobaciones a realizar serán:

- Proyecto.—Abarcará la comprobación de la cumplimentación de la Reglamentación vigente de obligado cumplimiento, así como de otras normas de reconocido prestigio en cuanto a sección de conductores, caída de tensión máxima admisible, elementos de protección, mando y maniobra, así como disposiciones de seguridad.
- Ejecución de la instalación.—Se refiere a la comprobación de que la instalación ha sido ejecutada por personal competente, así como su concordancia con el proyecto.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad.—Se comprobará que todos los dispositivos de seguridad, actúan correctamente, de acuerdo con su campo de aplicación.
- Instalaciones ya existentes.—Dentro del grupo de instalaciones ya existentes, nos vamos a encontrar con los siguientes tipos:
 - Alta tensión: Instalaciones de acuerdo con el Reglamento de Estaciones de Transformación, aprobado por Orden del Ministerio de Industria de 23 de febrero de 1949.
 - Baja tensión: Instalaciones realizadas con anterioridad o posterioridad al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por Decreto 2.413/1973 de 20 de setiembre.

Debido a la aparición del nuevo Reglamento, aprobado por Real Decreto 3.275/1982, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, la mayoría de las instalaciones existentes está de acuerdo con la antigua legislación, estableciendo la disposición transitoria del nuevo reglamento que las instalaciones existentes, a la fecha de su entrada en vigor, sigan sometidas a las prescripciones reglamentarias vigentes en la fecha de su instalación debiendo ajustarse a las exigencias técnicas de la nueva normativa en caso de ampliación importante o cuando su estado general, situación o características impliquen riesgos graves para las personas o los bienes, o produzcan perturbaciones inaceptables en el normal funcionamiento de otras instalaciones.

En cuanto a las revisiones periódicas de todas las instalaciones existentes, establece que se lleven a efecto en el plazo y la forma establecidos en el nuevo Reglamento e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Referente al tema de instalaciones de baja tensión, nos encontraremos con un gran número de instalaciones realizadas con anterioridad a la entrada en vigor del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las cuales se encuentran en unas condiciones respecto a la seguridad muy deficientes, careciendo en algunos casos de toda protección contra contactos indirectos, tanto por falta de realización de puestas a tierra, como por no disponer de interruptores diferenciales adecuados, o aún en el caso de tener red de tierra, puede no existir una correcta coordinación con el dispositivo de corte que actúe en caso de superarse la tensión máxima de contacto tolerada por la normativa vigente.

Las instalaciones de baja tensión, realizadas con posterioridad a la aparición del Reglamento de B.T., se encuentran en mejores condiciones. No obstante, consideramos muy necesario realizar un mantenimiento a fin de prevenir los fallos susceptibles de ocurrir en la instalación.

Especial atención merecen aquellas instalaciones en locales con riesgo de incendio y explosión, debido al gran peligro que su estado puede presentar. En estas instalaciones es muy necesario la realización de un mantenimiento preventivo, así como llevar a cabo las inspecciones oficiales requeridas por la reglamentación vigente.

REGLAMENTACION ELECTRICA

A continuación, resumimos la reglamentación eléctrica existente en España.

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Aprobada por Orden de 9 de marzo de 1971.
 - Reglamento de Centrales Eléctricas, líneas de transporte de energía eléctrica y estaciones transformadoras. Aprobado por Orden Ministerial del 23 de febrero de 1949.
 - Real Decreto 3.275/1982 de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Este Reglamento modifica el anterior.
 - Orden de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del reglamento anterior.
 - Real Decreto 3.151/1982 de 28 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Aéreas de ALTA Tensión.
 - Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía (Decreto de 12.3.54).
 - Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Aprobado por Decreto 2.413/1973 de 20 de septiembre.
 - Orden de 28 de junio de 1981 sobre Entidades Colaboradoras para la aplicación de la reglamentación eléctrica.
-

CONCLUSION

De acuerdo con los temas anteriormente tratados, llegamos a las siguientes conclusiones:

- La normativa eléctrica existente, con la aprobación del nuevo reglamento de alta tensión, se encuentra a nivel europeo.
 - Es necesario realizar un mantenimiento preventivo en las instalaciones, así como las inspecciones periódicas exigidas por la reglamentación vigente.
- Dicho mantenimiento debe procurar la puesta a punto de las instalaciones, máquinas y edificios a fin de conseguir la máxima productividad, calidad de servicio y seguridad con el mínimo costo.
- La inspección periódica nos mostrará, que el mantenimiento se realizó correctamente, así como el cumplimiento de todas las consignas de seguridad.
- Es necesario tener personal bien cualificado para la labor de mantenimiento, el cual deberá sufrir reciclajes periódicos.
 - Hay que ir adaptando las instalaciones antiguas a la nueva reglamentación a fin de hacerlas cada vez más seguras.
-
-