



TÓPICO 5 – (Patrimonio histórico)

Recomendaciones para la Prevención de Incendios Originados por las Instalaciones Eléctricas en el Patrimonio Construido

Rosato M. E.^{1,a}, Traversa L. P.^{2,b}, Pascual H. O.^{3,c} y Fata O. A.^{4,d}

¹Centro LEMaC-Facultad Regional La Plata UTN, Argentina

²Investigador CIC – LEMIT, Argentina

³Grupo TSSE-Facultad Regional La Plata UTN, Argentina

⁴Grupo TSSE-Facultad Regional La Plata UTN, Argentina

^amerosato@frlp.utn.edu.ar, ^bdireccion@lemit.gov.ar, ^copascual@frlp.utn.edu.ar,
^doafata@frlp.utn.edu.ar

Palabras-clave: prevención, incendio, electricidad, patrimonio construido

Resumen.

El incendio es un riesgo latente en todas las actividades humanas y la utilización de nuevas fuentes de energía, almacenamiento y uso masivo de materiales combustibles, elevada concentración de habitantes, constituyen factores desencadenantes de tal riesgo.

Su estudio se basa en tres aspectos: prevención, implementada para impedir la gestación de un fuego; protección, para evitar su propagación; y lucha contra incendio, basada en la utilización de sistemas fijos y /o elementos manuales de extinción.

Estadísticamente la electricidad es la principal causa de incendios en muchos países del mundo y es propósito de este trabajo elaborar recomendaciones tendientes a prevenir incendios de origen eléctrico en el patrimonio construido, enfatizándolo en aquéllos declarados de interés patrimonial.

La metodología empleada en esta propuesta se basa en la aplicación de los conocimientos teóricos de incendio, el marco legal vigente Ley Nacional 19587 – Decreto 351/79 [1], la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina – AEA 90364 [2,3] y recomendaciones de la National Fire Protection Association (NFPA) [4].

De lo anterior se desprende que es imprescindible incorporar el tema “incendio: prevención y protección” en los cursos de capacitación de especialistas y profesionales encargados del patrimonio visto el valor artístico e histórico de las obras a resguardar. Además se destaca como recomendación la necesidad de utilizar un programa de mantenimiento periódico de las instalaciones eléctricas que contenga los aspectos mínimos para la prevención de incendios en el patrimonio construido. Se basa en el seguimiento de varios parámetros eléctricos que a modo de indicadores reflejan el deterioro de la instalación.



1 - Introducción

El empleo de la electricidad con todas sus ventajas y beneficios implica riesgos que en la mayoría de los casos desembocan en accidentes o siniestros de características graves o fatales. La energía eléctrica bajo todas sus formas, puede transformarse en calor anormal o en arcos y chispas que pueden ser el origen de incendios o explosiones. Estos accidentes son provocados por electricidad industrial y por electricidad estática.

Dentro de la electricidad industrial se encuentran todas las formas de utilizaciones controladas por el hombre, a través de instalaciones eléctricas donde la energía puesta en juego es elevada, por consiguiente el número de accidentes que provoca es también grande.

La electricidad natural agrupa a aquellas manifestaciones de energía electrostática, ya sea atmosférica que se manifiesta bajo la forma de rayo de efectos espectaculares y destructivos y las de origen denominado electrostática industrial o triboelectricidad debido a las actividades del hombre, en las cuales se ponen en juego pequeñas cantidades de energía, pero que en determinadas circunstancias son susceptibles de provocar accidentes graves como es el caso de explosiones en ambientes explosivos o en el movimiento de líquidos inflamables.

Los accidentes en las personas se encuadran bajo el rubro: electrización con distintos niveles de gravedad hasta el más extremo, electrocución en los casos fatales.

2 - Incendios de origen eléctrico

La cantidad de energía necesaria para provocar la inflamación de materiales de uso corriente es muy baja, son suficientes unos pocos vatios durante pocos minutos para que eso ocurra.

En las estadísticas de incendios, el mayor porcentaje es debido o atribuido a la electricidad, sin embargo esta inexactitud se debe en muchos casos a la imposibilidad de determinar fehacientemente el origen del siniestro.

No obstante, se puede afirmar que el número de accidentes aumenta a medida que aumenta la cantidad de energía eléctrica distribuida, debido en gran parte a las características particulares de esta forma de energía y a la facilidad de su empleo por todo tipo de personas que en su gran mayoría no conocen el riesgo que ello implica.

3 - Aspectos teóricos del incendio

Antes de entrar en los temas específicos, objetivo principal de este trabajo, vamos a recordar muy rápidamente los conceptos básicos de la naturaleza del fuego, sus características y parámetros fundamentales.

3.1 – El fuego



Cuando se habla de incendio se hace referencia a un fuego descontrolado resultante de una combustión que provoca daños de todo tipo. Para la NFPA [4], ente internacional de referencia en esta temática, una combustión es una reacción exotérmica consistente en la combinación continua de un combustible con un oxidante, que convierte la energía química contenida en los materiales combustibles, en energía térmica. Otros autores hablan de una reacción química de óxido-reducción entre un combustible y un comburente con generación de calor y otros productos [5,6].

El combustible es el agente reductor, por su estado puede ser sólido, líquido o gaseoso. Los líquidos y los gases queman siempre con llamas. Los sólidos queman de distinta manera, para el caso de los termoplásticos la NFPA [4] los considera como líquidos inflamables congelados que funden cuando son calentados y luego pasan al proceso de combustión. Otros sólidos se descomponen por pirolisis emitiendo gases que se mezclan con el oxígeno y luego queman con llamas.

El comburente es el agente oxidante, toma electrones del combustible y se reduce a sí mismo. El comburente universal es el oxígeno contenido en el aire.

La fuente de calor aporta la energía necesaria para que inicie y continúe la reacción.

En un incendio las llamas son de **difusión**, la reacción se inicia y se mantiene debido gases o vapores que no han sido previamente mezclados pero que queman en la medida que el comburente ingresa y se difunde hacia la zona de llama [5].

El riesgo de incendio comienza a aparecer cuando se juntan los tres elementos conocidos como “triángulo del fuego”, combustible, comburente y fuente de calor.

3.2 - Prevención de incendios originados por la electricidad. Alternativas para hacer prevención

En base a lo visto anteriormente las medidas para evitar la gestación de incendios consisten en eliminar o separar uno de los lados del triángulo del fuego. Recordemos que la electricidad actúa como fuente de calor, por lo tanto, habrá que realizar una determinación de riesgos en las instalaciones eléctricas si se pretende hacer prevención de incendios.

Una vez identificados los riesgos se deberá valorar el nivel de los mismos, alto, medio o bajo y buscar soluciones posibles. En nuestro caso habrá que buscar fuentes de calor en todas las partes que componen una instalación eléctrica y en los equipos conectados a ella.

3.3 - Marco legal de la prevención y protección de incendios

La legislación vigente, Ley Nacional 19587 [1] contempla todos los aspectos vinculados a la temática de incendio. Se citan los aspectos fundamentales:

- **Prevención.** Impedir o dificultar la iniciación de incendios.



-Protección. Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos. Empleo de técnicas de sectorización y resistencia al fuego estructural.

-Lucha contra incendio. Contar con los elementos necesarios, matafuegos e instalaciones fijas, y facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.

-Otros aspectos importantes: medios de escape adecuados para asegurar la evacuación de las personas. Sistemas de detección y alarma. Estructuras portantes y muros resistentes al fuego, realización de pericias técnicas después de pasado el fuego etc.

4 - Instalaciones eléctricas como generadoras de incendios

Breve descripción de una instalación eléctrica:

En forma esquemática una instalación eléctrica está compuesta por materiales conductores y aislantes [7]. Comienza en la conexión a la red de distribución de la empresa que suministra energía, sigue una protección y una línea de alimentación, luego un medidor de energía y una línea principal hasta el tablero principal, del cual salen líneas seccionales que van a los tableros seccionales y de éstos, líneas de circuitos que alimentan los consumos. En los tableros se encuentran los dispositivos de protección de la instalación y de las personas.

4.1 - Tipos y materiales de instalaciones eléctricas que se encuentran en el patrimonio construido

Los técnicos y profesionales ocupados en el mantenimiento del patrimonio construido encuentran en su actividad, distintos tipos de instalaciones eléctricas, esto se debe a que los diseños, los materiales y las técnicas de montaje fueron evolucionando en el tiempo en la medida que fueron apareciendo nuevas reglamentaciones y tecnologías.

Así hay instalaciones que se pueden llamar malas, mal proyectadas, mal construidas mal mantenidas o que hayan tenido un desarrollo anárquico, ampliaciones, modificaciones sin ningún tipo de control etc.

Es obvio que las instalaciones que se encuentran en alguna de estas situaciones son más peligrosas que las que fueron bien concebidas y mantenidas en buen estado. A todo esto debemos agregar el uso de materiales no normalizados y no controlados que muchas veces se emplean por razones de economía.

Otro tema conocido por todos, es el uso de conductores de menor sección respecto de la que corresponde por cálculo. En esta situación se genera mayor temperatura de funcionamiento de los cables ocasionando un envejecimiento prematuro de los aislantes.

Un tercer aspecto es el uso de protecciones eléctricas mal seleccionadas, de mala calidad, mal instaladas y sin ningún tipo de mantenimiento. En teoría las protecciones son las encargadas de controlar y limitar los parámetros eléctricos que ponen en compromiso la seguridad de la



instalación y si ello no se cumple es evidente que el riesgo de incendio es mayor.

En los casos de instalaciones eléctricas bien proyectadas, bien ejecutadas y en buen estado es lógico pensar que los riesgos de incendio son menores. No obstante existe un riesgo común presente en todos los componentes de la instalación y los equipos y aparatos conectados a ella, que es el envejecimiento de los materiales que los componen.

El envejecimiento y deterioro de los materiales eléctricos involucra varios aspectos, entre los que se citan: pérdidas de las propiedades dieléctricas de los aislantes, reducción de sección de los conductores, generalmente por corrosión, rotura por fatiga en cables de conexión de aparatos, aflojamiento de uniones y empalmes por vibraciones y ciclos térmicos etc. A todo esto se agrega el mal uso o mal trato de la instalación, que desemboca en algunas de las situaciones enumeradas o directamente en accidentes.

A los efectos de implementar medidas preventivas, esas fallas se deben estudiar globalmente y en forma particular para cada uno de los componentes de una instalación eléctrica como lo son los tableros, los conductores y los aparatos conectados.

Si bien existen problemas particulares o específicos en cada uno de ellos, también existen riesgos que son comunes a todos y que se manifiestan como calentamientos anormales denominados “puntos calientes” que en definitiva es lo que llega a ser causa de incendio.

4.2 - Normativas para instalaciones eléctricas

El marco legal vigente de referencia es la Ley Nacional 19587 – Decreto 351/79 – Capítulo 14 – Artículos 95 al 102 y Anexo VI [1].

En cuanto a Reglamentaciones se citan las de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) 90364 *Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles* (Partes 6 y 7) [2,3] y AEA 90706 *Guía para la Gestión del Mantenimiento en Instalaciones* [8].

A nivel local se encuentran Ordenanzas Municipales incorporadas a los Reglamentos de Edificación, casi todas basadas en el Código de Edificación de la ciudad Autónoma de Buenos Aires.

El ENRE, Ente Nacional Regulador de la Electricidad ha emitido y emite Resoluciones que están vinculadas con las instalaciones eléctricas, servicios eléctricos y tarifas.

5 - Riesgos de incendios en instalaciones eléctricas

Ya se comentó que para implementar medidas de prevención de incendios es necesario buscar en las instalaciones eléctricas aquellos lugares donde pueden aparecer situaciones anormales o fallas capaces de generar calor excesivo con suficiente energía como para inflamar materiales combustibles que estén en contacto o cercanos a ellos.

En esa búsqueda, en las distintas partes o componentes de una instalación eléctrica y todo lo que esté conectado a ella, se encuentran situaciones y accidentes análogos, debidos a pocas causas tales como:



- Calentamiento anormal debido a sobrecargas en aparatos o en líneas.
- Disipación anormal de calor en los componentes.
- Fallas en los materiales aislantes.
- Fallas en uniones y contactos de los conductores.
- Arcos o chispas eléctricas.
- Otras causas.

5.1 - Calentamiento anormal debido a sobrecargas en líneas y aparatos

La palabra sobrecarga en electricidad significa que hay una circulación de corriente varias veces mayor que la nominal de un circuito o aparato y persiste durante un tiempo más largo que el previsto.

Todo conductor recorrido por una corriente eléctrica se calienta (Ley de Joule), el calor generado es proporcional al producto del cuadrado de la corriente, por la resistencia del conductor, por el tiempo que dure el pasaje de esa corriente, y por una constante.

Este calentamiento representa una pérdida de energía no aprovechable y un inconveniente en la utilización de la energía eléctrica, salvo en los casos donde la generación o transmisión de calor es buscada expresamente, (calentadores eléctricos, estufas, hornos eléctricos etc.).

Desde el punto de vista del incendio, son particularmente peligrosos los calentamientos anormales en contacto o en vecindad de materiales combustibles, pueden llegar a ser la consecuencia de una o de varias circunstancias simultáneas, teniendo el carácter de localizado o generalizado. Se establecen en los conductores, en los aislantes degradados, en el aire etc.

La sobrecarga en líneas provocada por un excesivo consumo y duración prolongada, produce el calentamiento de los conductores y por ende de la aislación y en las cubiertas de la instalación. Cuando esas sobrecargas son importantes, es decir, de 3 a 5 veces la corriente nominal, persistiendo un tiempo considerable de varias horas, llevan a los aislantes y objetos vecinos a temperaturas peligrosas. Estas situaciones aparecen en instalaciones con errores de cálculo, de montaje, ausencia o mala selección de las protecciones y/o instalaciones provisionales o precarias.

La medición periódica de la corriente por circuitos y la verificación de las protecciones es una práctica aconsejable para prevenir estos problemas. Las mediciones de corriente generalmente se hacen con pinza amperométrica.

5.2 - Disipación anormal del calor en los componentes

Los aparatos eléctricos disipan en forma de calor toda la fracción de energía que no transforman o que no transmiten. Esta cantidad de calor es tanto mayor cuanto menor es el rendimiento del aparato en cuestión. En estos casos se deben adoptar medidas de enfriamiento para evitar la elevación de temperatura de las paredes externas de esos artefactos que están en contacto con materiales inflamables o combustibles. Un ejemplo tipo lo constituyen las lámparas incandescentes cuyo rendimiento luminoso no pasa del 15 %.

Se recomienda verificar periódicamente la temperatura de las partes de la instalación eléctrica, motores, máquinas y equipos mediante instrumentos de



medición y/o registro o por medios prácticos por operador experimentado. Estas situaciones se resuelven en su gran mayoría mediante, inspección visual y orden y limpieza.

5.3 - Fallas en los materiales aislantes

Los materiales aislantes envejecen con el tiempo y van perdiendo sus propiedades dieléctricas. Cuando aparece un defecto en los aislantes, una corriente suplementaria circula en los conductores produciendo una sobrecarga en los mismos, esta situación provoca una disipación de energía extra, la cual se transforma en calor muchas veces en lugares donde no se ha previsto ningún medio para su evacuación. Además del envejecimiento natural pueden aparecer fallas en los aislantes debido a otras causas:

- Por desaparición virtual del aislante, ejemplo: rotura.
- Por intervención de un conductor parásito que entra en contacto simultáneo con dos conductores separados no aislados, roedores, pájaros.
- Por sobretensión accidental, ya sea debida a maniobras eléctricas o descargas atmosféricas: el aislante no es capaz de resistir esa situación dejando pasar corriente a otros conductores o a tierra en forma de chispas o arcos eléctricos.

En todos los casos las consecuencias dependen no sólo de la impedancia del defecto sino de la relación entre ella y los parámetros característicos de la línea, potencia disponible.

Para evitar estos problemas es necesario efectuar un mantenimiento periódico programado con registro escrito de inspección visual y valores de mediciones de la resistencia de aislación. Esto es válido tanto para la instalación eléctrica como para los aparatos de consumo conectados a ella. Las mediciones de la resistencia de aislación en instalaciones de 220/380 Volt., se realizan con megóhmetro, aplicando tensión 500 Volt. de corriente continua. (AEA 90364-7 año 2006 págs.164/165) [3]. Los períodos de revisión dependen de la actividad que se desarrolla en cada inmueble, la reglamentación citada precedentemente fija como plazo máximo 5 años para viviendas, oficinas y locales unitarios.

Cuando se registren valores por debajo de los mínimos recomendados por la Reglamentación citada [3], punto 771.23 pág. 165 (Tabla 23.1) y en ambientes húmedos o corrosivos se recomienda efectuar revisiones con mayor asiduidad que en ambientes secos. Valores de resistencia de aislación del orden de los 40.000 ohm son indicadores de renovación parcial o total de la instalación.

5.3.1 - Fallas de aislación a tierra

Las fallas en los conductores se pueden producir indistintamente, entre ellos o entre ellos y las masas conectadas a tierra. En estos últimos casos las corrientes de falla estarán limitadas por la resistencia existente en el recorrido que sigan, pudiendo ser mucho más reducidas que en el caso del cortocircuito entre fases en los circuitos trifásicos, o entre el "vivo" y neutro en los circuitos monofásicos.



La corriente de retorno por tierra sigue caminos desconocidos, se dispersará tomando los recorridos de menor resistencia, muchas veces pueden ser canalizaciones o piezas metálicas enterradas, ocasionando corrosión en los puntos de entrada y de salida. Estas corrosiones son particularmente peligrosas cuando se trata de cañerías de gas.

5.4 - Fallas en uniones y contactos

Los empalmes y uniones fijas inevitables en las instalaciones eléctricas ya sean entre conductores entre sí o en terminales y bornes de conexión de diversos artefactos y aparatos de consumo, como así también los contactos móviles de llaves e interruptores, fichas y tomas, adaptadores, anillos rozantes, colectores, etc., se calientan aún con corrientes inferiores a las normales cuando se aflojan, se oxidan, se desgastan o se pican.

Estas situaciones equivalen a un aumento de la resistencia denominada "resistencia de contacto" que puesta en la ecuación de Joule da como resultado un aumento de temperatura en esos puntos. Estas uniones defectuosas entre partes de una instalación eléctrica además de provocar caídas de tensión inadmisibles para el normal funcionamiento del sistema, generan calor, agravándose la situación cuando las corrientes son mayores a las nominales (sobrecargas).

En uniones nuevas, ejecutadas correctamente, los valores de las resistencias de contacto son del orden de la milésima de ohm. Ese valor, en un falso contacto puede alcanzar decenas de ohm. El funcionamiento continuado en esas condiciones va elevando la temperatura en esos puntos pudiendo llegar a la fusión de los metales y destrucción por quemadura en los aislantes, terminando en incendio cuando las condiciones lo permiten.

Este tipo de falla es la causa de incendios en tableros de todos tipos (donde se encuentran involucrados, llaves, interruptores, fusibles, diyuntores), en cajas de empalmes y derivación, en fichas y tomacorrientes, adaptadores, triples, "zapatillas" y en borneras de conexión de motores en mal estado, máquinas y equipos, en los circuitos de fuerza motriz y calefacción.

Los problemas en contactos de instalaciones eléctricas se deben a diferentes causas: de diseño, de construcción, falta de mantenimiento, mala fabricación de elementos, cambios en los materiales (corrosión, oxidación, sulfatación), mal uso, mal trato, etc.

Para evitar estos problemas se debe verificar periódicamente caídas de tensión y calentamiento, en los distintos circuitos de la instalación, en tableros, máquinas, cajas de conexiones, partes flojas por vibraciones etc., introduciendo las medidas correctivas necesarias, ajuste y limpieza de contactos, reparación o recambio de partes averiadas. Los puntos calientes por falsos contactos se detectan mediante: medición de caída de tensión, con el uso de termografía, con pistolas laser, aplicación de pinturas térmicas que cambian de color con la temperatura o visualmente cuando aparecen cambios de color o tornasolado en contactos de piezas de cobre.

5.5 - Arcos y chispas eléctricas



En determinadas circunstancias la corriente eléctrica puede circular a través de un medio que en condiciones normales no es conductor por ejemplo el aire, pero que en determinadas situaciones se ioniza totalmente y se vuelve conductor, pasando al cuarto estado de la materia denominado plasma. Las chispas y los arcos eléctricos son particularmente peligrosos debido a su alta temperatura, la que depende de la intensidad de la corriente, generalmente supera los 1700 °C., Se originan en cualquier parte de la instalación donde se dan las condiciones para que ello suceda, Los accidentes se pueden producir por discontinuidad de conductores, o entre éstos y masas a tierra. En otros casos se originan como consecuencia de las fallas de los aislantes, o presencia de conductores parásitos, ratas, pájaros, o acciones humanas, sean por descuidos o intencionales para provocar daño o dolo.

En presencia de materiales combustibles el riesgo de incendio es muy alto. En recintos cerrados provoca aumento de la presión interna pudiendo generar explosiones. Otro aspecto igualmente peligroso de los arcos es la proyección de metal fundido en proximidades de combustibles, pudiendo generar fuegos a distancia, 10 a 12 metros.

5.6 – Otras causas

a) Mal uso de las instalaciones equipos y aparatos

La experiencia nos muestra a diario, que ciertos accidentes provocados por la electricidad no son atribuibles a ella. Uno de esos casos es el mal uso de los aparatos eléctricos. La facilidad de empleo de aparatos eléctricos y ausencia de ruidos, olores o gases de combustión, favorecen el uso descuidado y falta de precauciones en todo tipo de aparatos eléctricos tanto de uso doméstico como industrial, tales como cocinas, planchas, estufas, soldadoras etc. que estando conectados y en proximidad de combustibles o inflamables pueden provocar incendios. Estos comentarios son válidos aunque los aparatos sean de primera calidad y estén aprobados para uso normal. El empleo de aparatos en condiciones no previstas puede llegar a ser catastrófico.

b) Propagación del fuego por los materiales de la instalación

Los materiales que constituyen una instalación eléctrica, especialmente los aislantes cualquiera sea su origen, pueden convertirse en propagadores de incendio. Aislantes envejecidos, de plástico, caucho, cartones impregnados, aceite aislante derivado del petróleo, barnices y resinas impregnantes o de relleno, son los agentes típicos que constituyen estos riesgos.

Los aislantes modernos convenientemente tratados aunque entren en ignición son autoextinguibles y no son propagadores del fuego. Los conductores del pasado aislados con tela de algodón y goma vulcanizada, todavía en uso, son capaces de propagar el fuego. Los aceites aislantes de los transformadores e interruptores no sólo transmiten el fuego sino que en determinadas condiciones provocan explosiones e incendio. El uso de aceites no inflamables cambia el riesgo de incendio por el de contaminación.

Para impedir la propagación del fuego de un local a otro por cables inflamados, se emplean técnicas de sectorización que consisten en sellar los pasos de conducciones de cables a través de paredes, con materiales



incombustibles resistentes al calor o con materiales difícilmente inflamables como lo son la espuma de siliconas y otros productos selladores que ofrece el mercado.

6 - Sistemas de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra constituyen un conjunto de dispositivos utilizados en diversas aplicaciones con el fin de proteger las personas y los bienes. Permiten conectar, canalizar y dispersar o descargar a tierra las corrientes de distinto origen, fallas, cargas estáticas, descargas atmosféricas etc. que configuran un peligro.

Forman parte de las instalaciones eléctricas, su uso es obligatorio según Ley Nacional 19587, Decreto 351, Anexo VI punto 3.3.1 [1]. Están compuestas por un “conductor de protección” que recorre toda la instalación uniendo eléctricamente todas las partes metálicas que se desean proteger y “una toma de tierra” o conjuntos de toma de tierra interconectados.

Los circuitos de puesta a tierra deben ser, continuos y permanentes, deben tener una capacidad de carga para conducir las corrientes de fallas y una resistencia adecuada a cada actividad del inmueble a proteger. En nuestro país, para actividades industriales y domiciliarias se toman como referencia las Normas IRAM 2281 [9,10,11]. La medición de continuidad del conductor de protección de la puesta a tierra se realiza con un óhmetro o multímetro (tester).

Las mediciones de la resistencia de la toma de puesta a tierra se realizan mediante distintos métodos. La AEA 90364-7 [3], pág. 165 indica aplicar preferentemente el método del telurímetro con dos electrodos auxiliares o en alternativa el método de voltímetro y amperímetro con un electrodo auxiliar. El período indicado en la reglamentación es de no más de cinco años para inmuebles, en otras actividades, a medida que aumenta el riesgo se debe reducir la frecuencia.

Nota: Es importante recalcar que en el patrimonio construido existe un gran porcentaje de instalaciones eléctricas que no poseen sistema de puesta a tierra.

7 - Medidas preventivas (bases para un programa de mantenimiento)

Teniendo en cuenta los conceptos teóricos vistos sobre el triángulo de fuego y que en el mayor porcentaje de los casos los combustibles están en contacto permanente con el oxígeno del aire, las medidas preventivas para evitar la gestación de incendios eléctricos están basadas en el control de las fuentes de calor que puedan aparecer en las instalaciones eléctricas.

La prevención de incendios de origen eléctrico se basa en un seguimiento programado de los parámetros eléctricos de las instalaciones y de revisiones electromecánicas de los aparatos conectados a ellas a condición de que todo lo actuado se vaya registrando de modo de ir observando la evolución de cada parámetro en el tiempo y nos indique el momento oportuno en que se deben realizar, tareas de limpieza, ajustes y reemplazos de elementos por otros nuevos etc. (Ley Nacional 19587–Decreto 351/79–Cap. 14 – Art. 98) [1].



Dentro de las medidas preventivas es necesario tener en cuenta dos aspectos:

- Técnicos.
- Personales.

7.1 – Aspectos técnicos

Se define el mantenimiento como el conjunto de verificaciones y métodos de trabajo tendientes a conservar las instalaciones eléctricas en condiciones óptimas de funcionamiento y de seguridad. Se puede agregar: empleando los mismos materiales y reglas del buen arte que en las instalaciones nuevas, usando las metodologías de trabajo, herramientas y aparatos de medición adecuados a cada caso y para cada tarea.

El mantenimiento se debe realizar en forma sistemática siguiendo planes o programas adecuados a cada tipo de edificio con personal capacitado y entrenado. Específicamente en el mantenimiento existen toda una serie de verificaciones y tareas que deben ser realizadas periódicamente en cada componente de la instalación. No obstante y desde el punto de vista de la prevención de incendios, se logra mediante el seguimiento de unos pocos parámetros vistos en el punto 5. Sobrecargas. Disipación anormal del calor. Falsos contactos. Fallas en los materiales aislantes. Verificación del sistema de puesta a tierra. Verificación del correcto funcionamiento de interruptores diferenciales.

Nota: Todos los instrumentos utilizados para mediciones deben tener su correspondiente certificado de control anual.

7.2 – Aspectos personales

El mantenimiento de las instalaciones eléctricas debe ser realizado por personal con incumbencia y/o competencias específicas.

8 – Cita de casos

La Facultad Regional La Plata de la UTN viene realizando servicios en Reparticiones Públicas y Privadas. A título informativo se citan algunas intervenciones donde se efectuaron tareas de verificación del estado de las instalaciones eléctricas, inspección visual, mediciones de parámetros eléctricos y control de energía, habiéndose hecho las recomendaciones pertinentes tanto en forma general como en particular para cada caso.

Dentro de los trabajos realizados se citan algunos casos de inmuebles con instalaciones eléctricas que presentaron mayor cantidad de problemas.

Inmuebles de la Procuración General de la Provincia de Buenos Aires en distintas ciudades.

-Caso 1) - Inmueble de Procuración General de la ciudad de Bahía Blanca.

Consulta del interesado: Posibilidad de incorporar nuevos consumos en la instalación.



Este inmueble es conocido en la ciudad como edificio Crédito Capitalizador Argentino, consta de planta baja y tres pisos destinados a oficinas. Fue construido por los Ing. Civiles Valles Cattáneo, Arrigoni y el Constructor Francisco Luisoni e Hijos. Se consideran, el estado actual y la posibilidad de realizar ampliaciones de la instalación eléctrica.

De la visita realizada en el inmueble en cuestión, se desprenden las siguientes consideraciones:

- La instalación eléctrica posee una acometida en baja tensión 220/380V con conductores de fase de aproximadamente 35 mm² de sección, el conductor del neutro es del mismo tipo y sección. El tablero principal fue reparado y se encuentra en un local pequeño en planta baja, destinado a tal fin.
- En lo que se refiere a la distribución de energía eléctrica se aprecia visualmente que la instalación se encuentra obsoleta, en gran parte se encuentra embutida, el resto del cableado se ha realizado en cable canal plástico.

Se realizaron mediciones de corriente y tensión en los conductores de acometida al tablero principal a los efectos de verificar el estado de carga del sistema y ver la posibilidad de incorporación de nuevos consumos. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

- Corrientes de fase y neutro: 83 A, 60 A, 67 A y 17 A respectivamente.
- Tensiones de fase: 212 V, 220 V, y 219 V.



Figura 1 - Procuración General de la ciudad de Bahía Blanca

Conclusiones: Considerando la carga y características de la instalación eléctrica existente no se recomendó la incorporación de la carga prevista correspondiente nuevas computadoras personales, sin antes contemplar el recálculo y readecuación integral del sistema eléctrico.

-Caso 2) - Inmueble de Procuración General ubicado de la ciudad de Azul.

Inmueble destinado a oficinas.

Consulta del interesado: Posibilidad de incorporar nuevos consumos en la instalación.



De la visita realizada, se desprenden las siguientes consideraciones:

- La instalación eléctrica posee una acometida en baja tensión 220/380V con conductores de aproximadamente 30 mm² de sección, el conductor de neutro es del mismo tipo y sección, los cuales ingresan a una caja plástica montada sobre pared, ésta posee fusibles NH de 160 A. Dicha caja alimenta al tablero principal del edificio ubicado en una habitación contigua. Este tablero principal es embutido y de un material no adecuado para tal fin (madera). Desde este tablero se comanda todo el sistema eléctrico del inmueble.
- La distribución de energía eléctrica es en general embutida y posee en mayor proporción, conductores en buen estado y de secciones reducidas. Algunos sectores y oficinas cuentan con cable canal y cajas de tomas externos de plástico.

Las mediciones realizadas sobre los conductores de acometida al tablero principal arrojaron los siguientes resultados:

- Corrientes de fase y neutro: 3.6 A, 11.9 A, 13.7 A y 6.5 A respectivamente.
- Tensiones de fase: 222 V, 219 V, y 209 V.



Figura 2 - Procuración General de la Ciudad de Azul

Conclusiones: En este caso no es recomendable adicionar más carga a la instalación existente, hasta tanto se proceda a renovar el tablero principal.

-Caso 3) - Inmueble de Procuración General de la ciudad de Quilmes.

Motivo de la intervención: Determinar estado actual de la instalación y posibilidad de aumentar la carga.

De la visita realizada, se desprenden las siguientes consideraciones:

- La instalación eléctrica posee una acometida, en baja tensión 220/380V.al tablero principal ubicado en el subsuelo con conductores de fase de 35 mm² de sección y conductor de neutro de aproximadamente 20 mm² de sección. El



tablero principal es metálico y cuenta con seccionador fusible (NH 250 A). Se pudo constatar que este tablero no respeta las condiciones originales de diseño puesto que ha sufrido un deterioro considerable. Además no se identifica la línea correspondiente al sistema de cómputo.

- La instalación posee varios equipos estabilizadores, protectores y filtro de línea cuyas salidas alimentan parcialmente a las computadoras personales existentes.

- En general la distribución eléctrica en este inmueble se realiza a través de cable canal e instalación embutida, destacándose la utilización de prolongadores con tomas corrientes múltiples (de uso no recomendado) que perjudican el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en general. Cabe agregar que la instalación eléctrica se encuentra relacionada con el edificio contiguo, lo que incrementa el grado de dificultad para identificar la trayectoria y sectores que alimentan los distintos conductores de la misma.

Las mediciones realizadas sobre los conductores de acometida al tablero principal arrojaron los siguientes resultados:

- Corrientes de fase y neutro: 30 A, 21 A, 26 A y 21 A respectivamente.
- Tensiones de fase: 214 V, 216 V, y 208 V.



Figura 3 - Procuración General de la ciudad de Quilmes

Conclusiones: En este inmueble no se recomienda agregar la carga adicional prevista sin antes hacer un replanteo en general de la instalación eléctrica de todo el edificio.

-Caso 4) - Inmueble de Procuración General ubicado de la ciudad de San Nicolás.

Motivo: Instalación de nuevas computadoras.

De la visita realizada, se desprenden las siguientes consideraciones:

- La acometida del edificio en baja tensión 220/380V alimenta a dos tableros principales.



- Uno de los tableros principales está ubicado en un recinto cerrado dedicado a tal fin en la planta baja, al que acceden conductores de fase de aproximadamente 70 mm^2 de sección (neutro de 50 mm^2 de sección) los cuales se empalman con conductores de fase de aproximadamente 10 mm^2 de sección. No posee puerta y tiene varios seccionadores fusibles y llaves termo magnéticas. Se pudo constatar que este tablero no respeta las condiciones originales de diseño puesto que ha sufrido varias modificaciones y no cumple con las reglas del buen arte.

- El otro tablero se encuentra ubicado en el exterior, montado sobre pared a la intemperie en un sector próximo al estacionamiento. Se trata de un tablero metálico al cual arriban conductores de 10 mm^2 de sección.

- En general la distribución eléctrica se efectúa utilizando tableros seccionales plásticos montados sobre pared. Este edificio habría pertenecido a la empresa de distribución eléctrica y en general no se han realizado modificaciones sustanciales en el circuito eléctrico, el cual posee en general conductores de 6 y 10 mm^2 de sección. A esta instalación se agregaron varios equipos estabilizadores, protecciones y filtro de línea cuyas salidas alimentarían, a través de líneas, a unas 50 computadoras personales.

Las mediciones realizadas sobre los conductores de acometida al tablero principal que se encuentra en un recinto cerrado dedicado a tal fin en la planta baja, arrojaron los siguientes resultados:

- Corrientes de fase y neutro: 16 A, 40 A, 15 A y 27 A respectivamente.
- Tensiones de fase: 231 V, 229 V, y 232 V.

Las mediciones realizadas sobre los conductores de acometida al tablero principal que se encuentra ubicado en el exterior a la intemperie en un sector próximo al estacionamiento, arrojaron los siguientes resultados:

- Corrientes de fase y neutro: 10.4 A, 1.6 A, 10.8 A y 8 A. respectivamente.
- Tensiones de fase: 233 V, 235 V, y 233 V.

Conclusiones: En este inmueble no se recomienda agregar la carga adicional prevista sin antes hacer un replanteo general de la instalación eléctrica de todo el edificio y corregir las falencias que presentan los tableros eléctricos.

-Caso 5) - Inmueble de Procuración General ubicado en la ciudad de Mercedes.

Se trata de un inmueble de subsuelos, planta baja y 7 pisos destinado a oficinas.

De la visita realizada, se desprenden las siguientes consideraciones:

- La instalación eléctrica posee una acometida, en baja tensión 220/380V, al tablero principal ubicado en el segundo subsuelo dentro de un recinto separado del sector de caldera, a través de dos conductores tetrapolares en paralelo los cuales poseen conductores de fase de aproximadamente 150 mm^2 de sección cada uno y conductores de neutro de aproximadamente 70 mm^2 de sección cada uno. Estos conductores se empalman con conductores de aproximadamente 300 mm^2 de sección que se conectan a las barras del tablero principal. No hay llave general y las barras del tablero alimentan tres llaves trifásicas seccionales, una de estas es de 250 A y posee fusibles NH de 200 A,



la segunda llave es de 500 A y la tercera es de 125 A con fusibles NH de 100 A.

- El tablero es metálico de aproximadamente 1.8 x 1.8 metros, posee gran cantidad de interruptores a palanca y fusibles tipo cartucho, los que deberían ser reemplazados. En general el tablero carece del mantenimiento adecuado para su correcto funcionamiento. También se constató la existencia de otros tableros en el recinto donde se encuentra el tablero principal que actualmente no están siendo utilizados.

- Se cuenta con una línea destinada a alimentar los servidores del sistema de datos que posee una caja plástica montada sobre pared ubicada en el segundo subsuelo contigua al tablero principal cuya alimentación monofásica proviene del tablero principal.



Figura 4 - Procuración General de la Ciudad de Mercedes

- En general la distribución eléctrica en este inmueble es la original del edificio, embutida con el agregado de cable canal en algunos sectores.

Las mediciones realizadas sobre los conductores de acometida al tablero principal arrojaron los siguientes resultados:

- Corrientes de fase y neutro: 80 A, 114 A, 98 A y 32 A respectivamente.
- Tensiones de fase: 220 V, 221 V, y 222 V.

Las mediciones realizadas sobre los conductores correspondientes al tablero que alimenta el sistema de datos arrojaron los siguientes resultados:

Corriente: 3.5 A.

Tensión: 221 V.

Conclusiones: A pesar que en función de las mediciones realizadas la acometida permite la incorporación de la nueva carga prevista, no es recomendable el agregado de la misma sin antes realizar una verificación



integral de la instalación eléctrica, contemplando la posibilidad de incorporar nuevos circuitos con líneas dedicadas al uso exclusivo de las computadoras personales. Se recomendó realizar mantenimiento periódico de toda la instalación.

-Caso 6) - Catedral de la ciudad de la Plata

Motivo: Determinación de falla en la línea de alimentación eléctrica de la iluminación exterior.

Muchas veces, para destacar los monumentos y edificios, se utilizan sistemas de iluminación externa. A los efectos del mantenimiento es importante verificar el buen funcionamiento y buen estado de estos sistemas.

Se realizó una inspección visual y mediciones del sistema verificando el estado de conductores y artefactos. Los resultados obtenidos permitieron determinar la presencia de un cortocircuito presumiblemente por falla de la aislación en la línea de alimentación de la iluminación exterior.

Se recomendó la renovación de la línea averiada.



Figura 5 - Catedral de La Plata

9 – Conclusiones

De todo lo expuesto en el presente trabajo surge que el riesgo de incendio por la electricidad existe en mayor o menor grado, tanto en instalaciones en mal estado como en instalaciones bien proyectadas y bien construidas, debido a fallas propias o al mal uso que se les dé.



La protección contra incendios originados por las instalaciones eléctricas en el patrimonio construido constituye una técnica de prevención de riesgos en muchos casos ignorada o descuidada que aún no se le ha dado la importancia que merece.

Una correcta prevención de incendios comienza con un análisis de detección y evaluación de riesgos a partir de los cuales se adoptarán las medidas correctivas que correspondan adecuadas a cada caso.

Es importante que las instituciones responsables de la conservación del patrimonio construido tomen conciencia del riesgo de incendio y comprendan la necesidad de utilizar un programa de mantenimiento periódico de las instalaciones eléctricas que contenga los aspectos mínimos para la prevención de este peligro siempre latente en las actividades humanas.

De todo lo comentado se desprende que es imprescindible incorporar el tema "Prevención y Protección contra Incendios" en los cursos de capacitación de especialistas y profesionales encargados del patrimonio visto el valor a resguardar del patrimonio construido y de aquellos declarados de interés patrimonial artístico e histórico.

Como regla general de prevención de incendios debidos a instalaciones eléctricas se recomienda: el uso de materiales aprobados, proyecto y ejecución adecuados según las Reglamentaciones correspondientes y un mantenimiento programado a cumplir a lo largo de la vida útil de la instalación.

10 – Recomendaciones para la incorporación de cursos de prevención y protección contra incendios para especialistas y encargados del patrimonio

Visto el valor a resguardar del patrimonio construido y de aquellos declarados de interés patrimonial se recomienda incorporar un curso de prevención y protección contra incendios destinado a los especialistas y profesionales y encargados de esta actividad que contenga como mínimo los siguientes temas:

- Nociones de prevención, protección y lucha contra el fuego.
- Teoría del fuego, triangulo y tetraedro del fuego.
- Combustibles, comburente y fuentes de calor.
- Limites de inflamabilidad y temperaturas de inflamación.
- Clases de fuegos.
- Agentes extintores.
- Matafuegos, tipos y usos.
- Actuación en casos de incendio.

11 – Recomendaciones para la redacción de un programa de mantenimiento de instalaciones eléctricas Aspectos técnicos

De acuerdo a todo lo expuesto, los temas propuestos a incorporar en un programa de mantenimiento de instalaciones eléctricas son los siguientes:

- Inspección visual del estado de la instalación y de los aparatos, equipos y artefactos conectados a ella. Orden y limpieza. Estado de las protecciones



contra entrada de conductores parásitos (roedores, pájaros). Observación del trato que se le da a la instalación.

- Medición de la corriente por circuitos.
- Verificación del estado de los tableros y funcionamiento de las protecciones de la instalación y de las personas, identificación de los circuitos, cerradura o candado en la puerta y simbología de "peligro tensión eléctrica".
- Medición de la resistencia de aislación del sistema.
- Verificación del calentamiento en contactos fijos y móviles y medición de la caída de tensión.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra y verificación de la continuidad del conductor de protección.
- Control mensual del funcionamiento de interruptores diferenciales.

12 – Referencias

- [1] Ley Nacional 19587-Decreto 351/79.
- [2] Asociación Electrotécnica Argentina: *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles*, AEA 90364 – 6, *Verificación de las Instalaciones Eléctricas (Inicial y Periódicas) y su Mantenimiento*, 2006.
- [3] Asociación Electrotécnica Argentina: *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles*, AEA 90364 - 7 – Sección 771, *Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios)*, 2006.
- [4] Manual de Protección Contra Incendios de la NFPA, National Fire Protection Association, Ed. MAPFRE – Decimosexta edición.
- [5] O. Marucci: *Protección contra incendios*, Ed. Ad Hoc. 1997.
- [6] E. Lavé y P. Lavé: *Guida pratica all' antincendio*, Ed EPC Libri 2003.
- [7] M. A. Sobrevila y A. L. Farina: *Instalaciones Eléctricas*, Ed. Alsina, 2002.
- [8] Asociación Electrotécnica Argentina: AEA 90706, *Guía para la Gestión del Mantenimiento en Instalaciones*, 2006.
- [9] Norma IRAM 2281 parte 1/96: *Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Código de Práctica*.
- [10] Norma IRAM 2281 parte 2/86: *Código de Práctica para Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Guía de mediciones de magnitudes de puesta a tierra (Resistencia, resistividades y gradientes)*.
- [11] Norma IRAM 2281 parte 3/96: *Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Instalaciones industriales y domiciliarias (inmuebles) y redes de baja tensión. Código de Práctica*.