

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA**

**ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD ELÉCTRICA PARA ALCANZAR LA
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES COMERCIALES**

JORGE GUILLERMO DÁVILA CANTOS

Sangolquí – Ecuador

2010

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado, “ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD ELÉCTRICA PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES COMERCIALES”, fue desarrollado en su totalidad por el señor Jorge Guillermo Dávila Cantos, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Wilson Yépez

DIRECTOR

Ing. Rodrigo Silva

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A través de este trabajo deseo expresar todo mi sentimiento de gratitud a las personas que me han brindado su apoyo, paciencia, consideración y amistad para lograr este objetivo académico.

Gracias a todo el personal administrativo y docente de la Escuela Politécnica del Ejército; asimismo deseo agradecer por su ayuda y colaboración a los profesores que dirigieron este proyecto de grado: Ing. Wilson Yépez y el Ing. Rodrigo Silva. Un agradecimiento muy particular al Ing. Alex Chacón.

A mi familia, a mis compañeros y amigos de estudio. A mis amigos de trabajo. Muchas gracias.

Gracias a mi Dios por su compañía, por toda la voluntad, la fuerza, el coraje y la vida.

Jorge G. Dávila

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo y trabajo aplicado en la realización de este proyecto se lo dedico por entero a mi familia: a Blanquita mi mamá, a mi hermana Sofía y a mi hermano Santiago. Son todo lo que tengo y los amo mucho.

A la memoria de papá.

Jorge

PRÓLOGO

En vista del elevado consumo de energía que demandan las diferentes actividades del hombre a causa del constante desarrollo económico y tecnológico, es de suma importancia emprender en programas de eficiencia energética que permitan la conservación de los recursos naturales.

Son muchas las posibilidades de reducción del consumo de energía, por este motivo se ha planteado el presente proyecto, ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD ELÉCTRICA PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES COMERCIALES, con el que se propone el ahorro de energía eléctrica mediante el cumplimiento de las normativas técnicas y la aplicación de sistemas electrónicos de supervisión y monitoreo de la red de distribución de energía de las edificaciones.

Para desarrollar este trabajo se lo ha dividido en cinco capítulos, donde se explican los procedimientos realizados para cumplir con los objetivos propuestos.

El Capítulo I es un preámbulo del planteamiento del problema, la justificación e importancia, el alcance y delimitación y los objetivos planteados.

En el Capítulo II se presenta un marco teórico que aborda los conceptos de la eficiencia energética, distribución y suministro eléctrico, utilización de la energía eléctrica y protecciones en los sistemas eléctricos.

El Capítulo III comprende una síntesis general de la normatividad técnica en el campo eléctrico aplicada a las edificaciones comerciales, así como la normalización en el Ecuador.

En el Capítulo IV se realiza una introducción a la supervisión y control de redes eléctricas donde se explican los procedimientos para llevar a cabo la medición de variables o parámetros eléctricos y las tecnologías aplicables para cumplir con este objetivo.

El Capítulo V presenta un análisis del sistema eléctrico de una edificación cuya característica es de tipo comercial; además, se realiza un estudio de la carga y los patrones de consumo energético con la finalidad de ahorrar energía eléctrica y optimizar el uso de la misma.

Finalmente, se muestra las conclusiones y recomendaciones que resultaron en el desarrollo de este proyecto; en los anexos se profundiza en lo concerniente a las normas técnicas para las edificaciones y se realiza un compendio de los términos técnicos de uso frecuente.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO II

CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	4
2.1.- Eficiencia energética.....	4
2.2.- Suministro de energía eléctrica a un edificio.....	5
2.2.1.- Generalidades.....	5
2.2.2.- Niveles de electrificación para edificios.....	6
2.2.3.- Características de los niveles de electrificación.....	7
2.3.- Distribución eléctrica en un edificio.....	8
2.3.1.- Datos generales.....	8
2.3.2.- Tipos de esquemas eléctricos.....	13
2.3.3.- Instalación interior.....	16
2.4.- Característica de la utilización de la energía eléctrica en edificios comerciales.....	17
2.4.1.- Carga instalada en el edificio.....	18
2.4.2.- Patrones de utilización.....	19
2.4.3.- Perturbaciones en el sistema eléctrico.....	21
2.5.- Protecciones.....	33
2.5.1.- A descargas eléctricas.....	34
2.5.2.- A cortocircuitos.....	36
2.5.3.- A sobre-intensidad de corriente.....	37
2.5.4.- A contactos directos e indirectos.....	39

2.5.5.- A descargas atmosféricas.....	40
2.5.6.- Sistemas de puesta a tierra.....	44
2.5.7.- Corrección del factor de potencia.....	46

CAPÍTULO III

NORMATIVIDAD ELÉCTRICA EN EDIFICIOS COMERCIALES.....	48
3.1.- Generalidades.....	48
3.1.1.- La normalización en el Ecuador.....	50
3.2.- Normas tecnológicas de las edificaciones.....	52
3.2.1.- Eficiencia energética.....	53
3.2.2.- Suministro de energía eléctrica.....	53
3.2.3.- Distribución eléctrica en un edificio.....	54
3.2.4.- Utilización de la energía eléctrica.....	56
3.2.5.- Protecciones eléctricas.....	57

CAPÍTULO IV

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE REDES ELÉCTRICAS.....	62
4.1.- Procedimientos de medición de variables eléctricas.....	63
4.2.- Monitoreo y control de variables eléctricas.....	65
4.2.1.- Registro de parámetros eléctricos.	66
4.2.2.- Medios de comunicación.....	67
4.3.- Centrales de medición para sistemas eléctricos.....	70
4.3.1.- Monitor de circuitos.....	70
4.3.2.- Central de medida.....	71
4.3.3.- Analizadores de red.....	73

CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA.....	75
5.1.- Evaluación del sistema eléctrico de un edificio comercial.....	75
5.2.- Análisis del sistema eléctrico del edificio.....	78
5.3.- Caracterización energética de la carga y patrones de utilización.....	80

5.4.- Alternativas de solución.....	85
5.5.- Diseño de la solución.....	86
5.5.1.- Diagrama esquemático.....	86
5.6.- Análisis de costos.....	91
5.6.1.- Evaluación de los datos.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	102
ANEXO 1. Organismos de normalización.....	103
ANEXO 2. Normas para las edificaciones.....	115
ANEXO 3. Historia de las normas eléctricas.....	158
ANEXO 4. Áreas de concesión de las empresas distribuidoras.....	161
GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.....	162
DATASHEETS.....	169
DATASHEET A. Central de medida PM500.....	170
DATASHEET B. Fluke 43B.....	173
DATASHEET C. Analizadores trifásicos de calidad eléctrica.....	183

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

Tabla. 2.1. Niveles de electrificación.....	8
Tabla. 2.2. Tensiones de servicio.....	13
Tabla. 2.3. Tiempo base de la interrupción.....	26

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO V

Tabla. 5.1. Energía promedio consumida en el edificio.....	93
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

Figura. 2.1. Esquema eléctrico unifilar.....	15
Figura. 2.2. Configuración de un circuito primario en lazo o anillo.....	15
Figura. 2.3. Esquema eléctrico multifilar.....	16
Figura. 2.4. Curva de potencia.....	20
Figura. 2.5. Onda de tensión con ruido.....	22
Figura. 2.6. Onda de tensión con impulso eléctrico.....	23
Figura. 2.7. Variación lenta de tensión.....	23
Figura. 2.8. Variación rápida de tensión.....	24
Figura. 2.9. Onda de tensión afectada con sag.....	25
Figura. 2.10. Onda de tensión afectada con swell.....	25
Figura. 2.11. Interrupción en la onda de tensión.....	26
Figura. 2.12. Caída permanente de tensión.....	27
Figura. 2.13. Elevación permanente de tensión.....	27
Figura. 2.14. Desviaciones periódicas en una onda de tensión.....	28
Figura. 2.15. Frecuencia fundamental más tercera armónica.....	29
Figura. 2.16. Distorsión armónica total.....	29
Figura. 2.17. Transitorio en la onda normal de tensión.....	31
Figura. 2.18. Onda de tensión con variación de frecuencia.....	32
Figura. 2.19. Sistema en presencia de EMI.....	33

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV

Figura. 4.1. Comunicación RS-232 entre un analizador de red y PC.....	68
Figura. 4.2. Comunicación RS-485.....	68
Figura. 4.3. Aplicación en una red GPRS.....	70
Figura. 4.4. Identificación de las terminales del monitor de circuitos.....	71
Figura. 4.5. Red trifásica desequilibrada a 4 hilos.....	73
Figura. 4.6. Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico.....	74

CAPÍTULO V

Figura. 5.1. Edificación comercial en evaluación.....	75
Figura. 5.2. Red de distribución de energía en el edificio.....	76
Figura. 5.3. Tablero de distribución principal del edificio.....	77
Figura. 5.4. Alimentador principal (breaker) del edificio.....	79
Figura. 5.5. Demanda de potencia activa del edificio.....	81
Figura. 5.6. Potencia total requerida en el edificio.....	82
Figura. 5.7. Tensión entre fases medida en la acometida principal.....	83
Figura. 5.8. Tensión entre fase y neutro.....	83
Figura. 5.9. Curvas de intensidad de corriente, parcial y total.....	84
Figura. 5.10. Curvas de intensidad de corriente promedio.....	84
Figura. 5.11. Gráfica de un sistema de monitoreo de red eléctrica.....	85
Figura. 5.12. Estructura de la red monitoreo de las variables eléctricas.....	86
Figura. 5.13. HMI para monitoreo de variables eléctricas.....	87
Figura. 5.14. Controlador programable.....	88
Figura. 5.15. Controladores para automatización de instalaciones electrónicas del edificio.....	88
Figura. 5.16. Central de medida en la red de distribución eléctrica.....	89
Figura. 5.17. Central PM500 en el TDP del edificio.....	90
Figura. 5.18. Conexiones de la central de medida PM500.....	91

ÍNDICE DE DATASHEETS

DATASHEET A

Central de medida PM500.....170

DATASHEET B

Fluke 43B Analizador eléctrico avanzado.....173

DATASHEET C

Analizadores trifásicos de calidad eléctrica Serie 430.....183

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de energía eléctrica, las protecciones seleccionadas en el diseño e implementadas con la tecnología adecuada ofrecen la máxima eficiencia en su propósito y un alto índice de seguridad y confiabilidad.

Las edificaciones comerciales modernas están siendo tratadas como *edificios inteligentes* con la intención de controlar la seguridad y flexibilidad en los servicios, monitorear y evaluar los parámetros eléctricos para prever fallos o daños en equipos electrónicos, disminuir los costos económicos por mantenimiento e implantar el ahorro de energía eléctrica.

Garantizar el suministro de energía eléctrica en sistemas electrónicos susceptibles genera resultados productivos y económicos muy alentadores. Por ejemplo, el correcto funcionamiento de los equipos de comunicaciones de una operadora de telefonía celular o los de salas especiales de un centro hospitalario.

Para prevenir las perturbaciones eléctricas – como variaciones del voltaje, distorsión armónica, transitorios, ruido de alta frecuencia, flicker y otros – en los sistemas de energía de las edificaciones comerciales pueden llevarse a cabo algunas acciones tales como el mejoramiento de las instalaciones eléctricas mediante el uso de materiales técnicos certificados, uso de dispositivos adecuados de regulación y protección, complementado con aplicación de las normativas eléctricas nacionales e internacionales emitidas por entidades competentes como: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, Comisión Electrotécnica Internacional IEC, Código Eléctrico Nacional - Asociación Nacional de los Estados Unidos para la Protección Contra Incendios NEC-NFPA, Instituto Nacional Americano de Normalización ANSI, Instituto de Ingenieros Eléctricos y

Electrónicos IEEE, entre otras; y cumpliendo recomendaciones técnicas que se refieren a las características de las redes eléctricas.

La normatividad técnica en el Ecuador, en cuanto a los sistemas eléctricos y electrónicos, está en permanente revisión, la norma no está plenamente definida ya que no se dispone de un código eléctrico nacional. No existe una seria conciencia en los consumidores de la energía sobre la importancia extrema de la aplicación de normatividad eléctrica en sus edificaciones.

En el Ecuador uno de los problemas encontrados en la mayoría de edificaciones – principalmente antiguas – es la falta de normas eléctricas para su diseño y construcción, el crecimiento de la infraestructura y el cambio de uso del espacio; mientras que en varios países de la región, es obligatorio el cumplimiento de estas, inclusive para poder hacer efectivo el seguro de sus bienes, certificación que muchas empresas aseguradoras lo exigen.

Actualmente las edificaciones comerciales deben ser construidas bajo normas específicas y haciendo uso de productos certificados que la tecnología eléctrica y electrónica ofrece a los profesionales, técnicos y constructores.

El diseño y construcción de edificaciones comerciales utilizando normas nacionales e internacionales, especificaciones técnicas, permisos legales, productos y materiales técnicos certificados, permitirá emprender proyectos de calidad y garantía.

Con la implementación de sistemas electrónicos de monitoreo, control y acciones de transferencia sobre las redes de suministro de energía eléctrica y las protecciones, una edificación puede convertirse en “inteligente” si a esta se suman otras tecnologías innovadoras; confirmando la calidad de los sistemas de alimentación de energía eléctrica y garantizando la operación confiable y adecuada de los procesos y sistemas usuarios de la energía.

El ahorro de energía es en la actualidad una característica de suma importancia en todas las aplicaciones, es por esto que se necesita emprender

programas para la racionalización y uso adecuado de la energía, con lo que se favorecería en gran medida a la solución de problemas como el calentamiento global y otros efectos tratados en conferencias internacionales.

La inversión económica que se realice en la construcción de modernos proyectos que contemplen las recomendaciones y normativas técnicas se verá reflejada en el ahorro económico debido a la disminución del consumo de energía, durabilidad de los componentes de las instalaciones eléctricas y mucha menor necesidad de mantenimiento de las mismas. Además, el correcto funcionamiento de las instalaciones en un edificio brinda comodidad, seguridad y tranquilidad para los usuarios, mejorando así su estilo y calidad de vida.

Con el análisis realizado a la normatividad y su aplicación se obtiene calidad en la ingeniería, lo que da como resultado el desarrollo de proyectos técnicos que obtengan un certificado de eficiencia energética.

A medida que se desarrolle el proyecto se propone realizar:

- La descripción general acerca de los sistemas de distribución de energía, suministro e instalaciones eléctricas en las edificaciones comerciales.
- El estudio de las normas técnicas nacionales e internacionales para obtener un incremento de la eficiencia energética en los edificios.
- Una síntesis de las recomendaciones y normas técnicas utilizadas en la construcción de los sistemas eléctricos y electrónicos de los edificios comerciales.
- La investigación de técnicas para efectuar el monitoreo, la supervisión y el control de parámetros eléctricos; entre las que se encuentra la aplicación de centrales electrónicas de medición para sistemas eléctricos.
- El análisis de los efectos de las posibles perturbaciones encontradas en las instalaciones eléctricas de un determinado edificio para, posteriormente, establecer las soluciones más adecuadas.

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1.- Eficiencia energética

El constante crecimiento de la economía y el desarrollo de la tecnología en diversos campos han ocasionado un considerable aumento en el consumo de energía, misma que provoca la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como consecuencia surge el calentamiento del planeta, adicionalmente, la disponibilidad de recursos naturales y energéticos no renovables, es cada vez menor, razones que implican la necesidad de establecer procesos de producción más eficientes.

La *eficiencia* es conseguir mejores resultados con menos recursos, esto se traducirá en menores costos de producción, más productos con menos residuos y menores consumos de energía. Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible.

La *eficiencia energética* comprende un grupo de acciones que se toman tanto en el lado de la oferta (SSM Supply Side Management) así como de la demanda (DSM Demand Side Management)¹ sin sacrificar el bienestar ni la producción.

La *eficiencia energética* se basa en el concepto de la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios, esto implica menos recursos, idéntico confort y calidad de vida como consecuencia se reduce el impacto al medio ambiente, se asegurando el abastecimiento y se fomenta un

¹ POVEDA, Mentor, Eficiencia Energética: Recurso no aprovechado, OLADE, Ecuador, Agosto 2007, pág. 5.

comportamiento sostenible en su uso. Se trata de una serie de procedimientos y procesos dirigidos hacia la gestión eficiente de la demanda y el uso racional de la energía para garantizar la satisfacción de las necesidades energéticas mediante el uso óptimo de los recursos disponibles. Incluye acciones como el ahorro, el uso de materiales adecuados, la renovación tecnológica, los cambios en la estructura de la producción de bienes y servicios, entre otros.

2.2.- Suministro de energía eléctrica a un edificio

Las empresas suministradoras proporcionan la energía eléctrica en corriente alterna en baja o alta tensión a toda persona natural o jurídica previo al cumplimiento de los requisitos determinados para este propósito. Para el caso de cargas de tipo comercial el suministro de energía es trifásico, con valores de tensión y frecuencia de operación nominal y sus tolerancias establecidos por la empresa suministradora. El *voltaje de suministro* es el valor de tensión del servicio que el distribuidor proporciona en el punto de entrega al consumidor en un instante dado.

2.2.1.- Generalidades. El sistema de suministro de energía eléctrica está formado por un conjunto de elementos válidos para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de medición, monitoreo, protección y seguridad para garantizar una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio de acuerdo con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas.

Un servicio eficiente y competitivo de las empresas suministradoras se determina con la *calidad de suministro eléctrico* que está respaldada por la normalización del suministro de energía eléctrica mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, cortes de servicio, interrupciones y otros.

La empresa suministradora determinará el tipo de suministro de energía de acuerdo con los requerimientos del usuario. Los suministros se clasifican en *normales y complementarios*.

a) Suministros *normales* son los efectuados a cada abonado por una sola empresa distribuidora por la totalidad de la potencia contratada por el mismo y con un solo punto de entrega de la energía.

b) Suministros *complementarios o de seguridad* son los que, a efectos de seguridad y continuidad de suministro, complementan a un suministro normal. Estos suministros podrán realizarse por dos empresas diferentes o por la misma empresa, cuando se disponga, en el lugar de utilización de la energía, de medios de transporte y distribución independientes o por el usuario mediante medios de producción propios. Se considera suministro complementario aquel que, aun partiendo del mismo transformador, dispone de una línea de distribución independiente del suministro normal desde su mismo origen en baja tensión. Se clasifican en suministro de socorro, suministro de reserva y suministro duplicado:

- Suministro de *socorro* es el que está limitado a una potencia receptora mínima equivalente a una parte del total contratado para el suministro normal.
- Suministro de *reserva* es el dedicado a mantener un servicio restringido de los elementos de funcionamiento indispensables de la instalación receptora, con una potencia mínima parcial de la potencia total contratada para el suministro normal.
- Suministro *duplicado* es el que es capaz de mantener un servicio mayor del 50% de la potencia total contratada para el suministro normal.

Las instalaciones previstas para recibir suministros complementarios deberán estar dotadas de los dispositivos necesarios para impedir un acoplamiento entre ambos suministros.

2.2.2.- Niveles de electrificación para edificios. El nivel o grado de electrificación determina la carga o potencia máxima y calidad de la instalación eléctrica y por tanto condiciona la capacidad de la instalación del edificio y todos los sistemas que posteriormente se instalen.

El nivel de electrificación depende de la superficie de la construcción y establece:

- El número de circuitos y puntos de utilización compatibles con el uso previsto de las instalaciones de acuerdo al tipo de edificio.
- El dimensionamiento de los conductores y los dispositivos de protección y seccionamiento correspondientes.

2.2.3.- Características de los niveles de electrificación. El nivel de electrificación se establece en función de la potencia máxima requerida por la aplicación y de las características normativas de construcción de la instalación interior del edificio.

Cada grado o nivel de electrificación tiene varias características que permiten diversas utilidades:

- **Nivel de electrificación mínimo.** Permite la utilización de alumbrado, aparatos eléctricos o electrodomésticos de uso común. No se permite la utilización de sistemas de calefacción eléctrica. La previsión de potencia máxima es 3000 vatios (3 kW).
- **Nivel de electrificación medio.** Permite la utilización de alumbrado, aparatos eléctricos superiores a la electrificación mínima y sistemas de calefacción eléctrica. La previsión de potencia máxima es 5000 vatios (5 kW).
- **Nivel de electrificación elevado o superior.** Además de la utilización de los aparatos eléctricos que corresponden al nivel medio, se permite la instalación de sistemas de acondicionamiento de aire. La previsión de potencia máxima es 8000 vatios (8 kW).
- **Nivel de electrificación especial.** Corresponde a los sistemas que dispongan de potencias unitarias elevadas. La previsión de potencia máxima se determina para cada caso, pero siempre será superior a 8000 vatios.

Para determinar el nivel de electrificación, las instalaciones interiores deben cumplir con algunos requisitos en cuanto al número de circuitos, dispositivos de seguridad, protección y distribución.

Nivel	Área máx. (m ²)	Demanda de potencia máxima total (W)
Mínimo	80	3000
Medio	150	5000
Elevado	200	8000
Especial	Cualquiera	> 8000

Tabla. 2.1. Niveles de electrificación.

2.3.- Distribución eléctrica en un edificio

En el sistema de potencia, la distribución de energía comprende la parte entre las barras de alta tensión de las subestaciones de distribución y los puntos de suministro de energía a los consumidores; en cuanto a los parámetros básicos y a la disposición de los elementos que determinan su configuración general para propósitos de operación en condiciones normales y emergentes. La *distribución primaria* se realiza en una tensión más elevada llegando a los primarios de los transformadores, y *distribución secundaria* la que se realiza desde el secundario.

La *red de distribución* es el conjunto de los elementos componentes del sistema de distribución: conductores, aisladores, estructuras de soporte, canalizaciones y equipos, los cuales permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas.

2.3.1.- Datos generales. Un sistema de distribución comercial se caracteriza por abastecer de energía eléctrica a grandes complejos comerciales, edificios, supermercados, centros educativos, aeropuertos, hospitales y otros. El diseño de estos sistemas de distribución implican ciertas consideraciones básicas como: seguridad, confiabilidad, costo, nivel y características de voltaje, facilidad de mantenimiento y flexibilidad de servicio en cuanto a cambios fáciles en la ubicación, magnitud o tipo de carga.

Las cargas pueden describirse en función de diversas características que determinarán la carga efectiva de un dispositivo dado o de un grupo de dispositivos así como la carga pico y carga promedio. Algunas de estas características son:

a) Factor de demanda (FDM). Es la razón de la demanda máxima sobre un sistema entre la carga total conectada (suma de las capacidades continuas de los dispositivos conectados al sistema).

b) Factor de carga. Es la razón de la carga media en un período específico de tiempo entre la carga pico que ocurre durante ese período.

c) Factor de diversidad (FD). Es la razón de la suma de las demandas máximas en los diversos componentes del sistema entre la demanda máxima de éste (el factor de diversidad es ≥ 1).

d) Demanda máxima (DM). Es la mayor carga integrada que ocurre en un período específico de tiempo, generalmente lapsos de 15 o 30 minutos. Se determina aplicando los factores de demanda y de diversidad a la carga conectada.

e) Factor de utilización. Es la relación entre demanda máxima y la capacidad nominal del sistema de distribución que lo suministra. Mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que está siendo alimentada, el de utilización establece qué porcentaje de la capacidad del sistema de distribución está siendo utilizado durante el pico de carga.

f) Factor de simultaneidad (FS). Al dimensionar un alimentador de distribución para un consumidor debe considerarse la demanda máxima y las condiciones más severas de carga y caída de tensión a ser sometido. Cuando más de un consumidor de características similares es alimentado por un mismo cable, es necesario considerar la simultaneidad existente en el uso de la energía eléctrica para los distintos tipos de consumidores.

El factor de simultaneidad, expresado en porcentaje, será establecido para cada una de las cargas instaladas, en función de la forma de utilización de aparatos, artefactos, equipos, maquinarias, para una aplicación determinada.

g) Factor de potencia (FP). Es la proporción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total requerida por la carga (S). En términos generales, expresa el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1 siendo la unidad el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

La *potencia activa* (P) es la potencia que desarrolla un trabajo útil, la que se aprovecha en el eje del motor, la que se transforma en calor. Es la potencia realmente consumida por el cliente y por lo tanto paga por el uso de la misma. Se mide en *vatios* (W) y sus múltiplos (kW).

La *potencia reactiva* (Q) es la potencia que genera campos magnéticos y eléctricos. La origina la componente de corriente que no se encuentra en fase con la tensión. Generalmente está asociada a los campos magnéticos de los motores y transformadores. Se mide en *voltio – amperio reactivo* (VAr) y sus múltiplos ($kVAr$). Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras, sin producir un trabajo útil, es necesario neutralizarla o compensarla.

La *potencia aparente* (S) es la potencia total que requiere la carga. Es toda la potencia que pueden entregar los transformadores y generadores. Se mide en *voltio – amperio* (VA) y sus múltiplos (kVA).

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación.

Un valor bajo de FP origina los siguientes problemas técnicos:

- Mayor consumo de corriente
- Aumento de pérdidas en conductores
- Deterioro en los aislamientos
- Incremento en la caída de tensión
- Sobrecarga en transformadores
- Disparo sin causa aparente de dispositivos de control

La distribución en baja tensión se hace por medio de un sistema que el usuario prevé. En las edificaciones comerciales se utilizan las siguientes disposiciones de circuito básicas: radial, secundaria selectiva, red secundaria y red primaria selectiva.

La que se aplica ampliamente es la disposición radial, debido a su costo y sencillez. En este sistema el conductor eléctrico puede ser exclusivo para cada carga o bien puede pasar por varias cargas sucesivamente. Esta solución tiene el inconveniente que la eventual falla del cable deja sin suministro a la carga.

En la configuración de los sistemas de distribución las líneas primarias a 6,3 kV entre fases, son predominantemente a tres conductores y están, en general, asociadas con circuitos secundarios trifásicos; eventualmente, en áreas periféricas con cargas dispersas, se derivan ramales con dos conductores de fase a 6,3 kV asociados con circuitos secundarios monofásicos.

Las líneas primarias a 22,8 kV están conformadas con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con la red primaria a esta tensión, son principalmente monofásicos a tres conductores y eventualmente trifásicos.

Las líneas primarias a 13,8 kV están conformadas con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con la red primaria a esta tensión, son predominantemente monofásicos a tres conductores.

Los valores nominales de las tensiones de servicio en los diferentes componentes del sistema son los siguientes:

- Transmisión y sub-transmisión: 46kV – 138 kV.
- Alimentadores, líneas y redes primarias de distribución: 6,3 kV; 22,8 kV GRDY/13,2 kV; 13,8 kV GRDY/8 kV.
- Circuitos secundarios trifásicos: 210/121 V.
- Circuitos secundarios monofásicos: 240/120 V.

Las conexiones de los transformadores que conforman los centros de transformación, para cada una de las combinaciones de media (MT) y baja tensión (BT) son las siguientes:

- Media tensión a 6,3 kV, tres conductores de fase y baja tensión trifásica: transformador trifásico, relación 6000 - 210/121 V, conexión Delta - Estrella, neutro secundario independiente.
- Media tensión a 6,3 kV, dos conductores de fase y baja tensión monofásica: transformador monofásico, relación 6000 - 240/120 V, con neutro secundario independiente.
- Media tensión a 22,8 kV, tres conductores de fase y baja tensión trifásica: transformador trifásico, relación 22860 - 210/121 V, conexión Delta - Estrella, neutro secundario continuo.
- Media tensión a 22,8 kV, baja tensión monofásica: transformador monofásico, relación 22860 GRDY/13200 - 240/120 V, neutro común con media tensión.

- Media tensión a 13,8 kV, baja tensión monofásica: transformador monofásico, relación 13200 GRDY/7620 - 240/120 V, neutro común con media tensión.

Las tensiones de servicio normalizadas, tanto para el subsistema de transporte como para el de distribución, se indican en la Tabla 2.2. siendo el valor de la frecuencia de servicio para Ecuador está normalizado en 60 Hz.

Tensión de servicio (V)	Calificación
< 1000	Baja Tensión
Hasta 35000	Media Tensión
Hasta 132000	Alta Tensión
> 132000	Muy Alta Tensión

Tabla. 2.2. Tensiones de servicio.

2.3.2.- Tipos de esquemas eléctricos. Un *esquema eléctrico* es la representación gráfica de un circuito o instalación eléctrica, en la que se indican sus elementos y los sistemas que los interconectan.

Para su representación se emplean básicamente una serie de símbolos gráficos, trazos, marcas e índices, cuya finalidad es representar en forma simple y clara los elementos que se emplean en el montaje de los circuitos eléctricos. Esta representación de los esquemas eléctricos se logra por medio de los esquemas explicativos y esquema de conexiones.

Los *esquemas explicativos* están orientados a resolver los problemas de la fase de diseño como la estructura general del circuito (esquema explicativo funcional o esquema de bloques), ubicación física de los componentes utilizando simbología (esquema explicativo de emplazamiento) o la relación entre los componentes eléctricos (esquema explicativo de circuitos).

Los *esquemas de conexiones* permiten resolver los problemas de ejecución material.

En ambos casos la representación de los circuitos se la realiza a través del *esquema eléctrico unifilar*, un único trazo para todos los conductores eléctricos; y del *esquema eléctrico multifilar*, un trazo independiente para cada conductor.

a) Esquema eléctrico unifilar. Un esquema unifilar es la representación gráfica de una instalación eléctrica, o de una parte de ella, más utilizada. Debido a su único trazo para todos los conductores, en estos esquemas es necesario añadir una información complementaria colocada junto al trazo: número de conductores (una línea corta oblicua por cada conductor), diámetro del ducto (ejemplo: $\Phi 1/2''$), calibre de los conductores (ejemplo: #14 AWG).

Es conveniente identificar las líneas que indican las fases y la que indica el conductor del neutro.

El esquema unifilar debe representar la instalación de potencia en forma jerárquica, desde la alimentación hacia la carga, por lo que las barras (conductores) de los distintos centros de carga deben estar ubicadas en el gráfico con su nombre y características útiles.

Las configuraciones del circuito se representan por los enlaces de red (ramas y nodos). Los nodos de la red deben permitir la desconexión de las ramas, para poder funcionar en distintas condiciones operativas, superar situaciones de falla, y cambiar la conexión entre ramas de la red.

Las ramas se unen al nodo de la red a través de aparatos de maniobra, interruptores, seccionadores. Los seccionadores solo pueden interrumpir corrientes de valor despreciable (condiciones de vacío); los interruptores de maniobra y seccionadores bajo carga pueden interrumpir corrientes normales (condiciones de carga), los interruptores son capaces de interrumpir en cualquier situación, hasta las condiciones de falla (cortocircuito).

La Figura 2.1, por ejemplo, muestra un esquema simple de barras. Los cuadrados representan aparatos de maniobra; en baja tensión pueden observarse interruptores, seccionadores bajo carga (eventualmente combinados con fusibles).

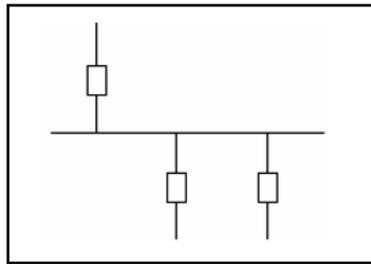


Figura. 2.1. Esquema eléctrico unifilar.

En los sistemas eléctricos de alta (AT) y muy alta tensión (MAT) se observan con frecuencia esquemas más complejos, barra principal y barra de transferencia, doble barra con doble interruptor, sistemas en anillo; cada uno de estos esquemas ofrece sus ventajas respecto de los otros.

En el esquema de la Figura 2.2 se representa dos disposiciones posibles de circuito primario, en lazo con un solo disyuntor de alimentador primario, o anillo con dos interruptores de alimentador primario, con interruptores de seccionamiento.

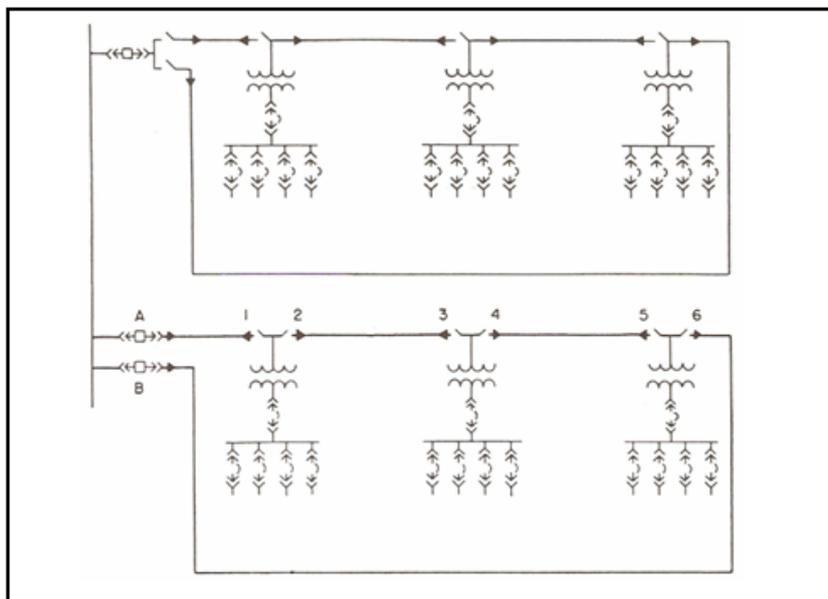


Figura. 2.2. Configuración de un circuito primario en lazo o anillo².

² BELOVE, Charles, Enciclopedia de la Electrónica. Ingeniería y Técnica, Tomo 8, Primera Edición, Grupo Editorial Océano, España, 1990, Capítulo 67, pág. 2110.

b) Esquema eléctrico multifilar. En un esquema multifilar cada conductor está representado por una línea o trazo.

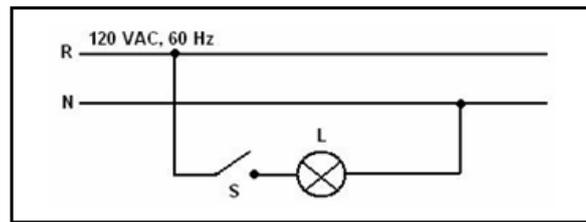


Figura. 2.3. Esquema eléctrico multifilar.

2.3.3.- Instalación interior. La estructura interior de la instalación eléctrica de una edificación está formada por los elementos de protección, número de circuitos independientes, sección de los conductores eléctricos, entre otros, que se dispondrán en función de la superficie y potencia que disponga dicha edificación.

En términos generales comprende a las acometidas, los alimentadores, sub-alimentadores, tableros (TDP, tablero de distribución principal), sub-tableros (TDS, tablero de distribución secundario. TTA, tablero de transferencia automática), circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, tablero general de medidores TGM, sistemas de puesta a tierra y otros.

El *cuadro general de mando y protección* o *tablero de distribución* de una edificación es el encargado de alojar todos los dispositivos de seguridad, protección y distribución de la instalación interior. Este tablero de distribución está compuesto por interruptores automáticos, dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, interruptores de alta sensibilidad para protección contra contactos indirectos y otros.

El número de elementos que forman un tablero de distribución está en función del nivel de electrificación del edificio.

La instalación interior es la parte de la instalación eléctrica propiedad de cada abonado. Esta sección, partiendo del cuadro general de mando y protección,

enlaza todos los receptores, principalmente a través de los puntos de iluminación y fuerza (tomacorrientes).

Las tensiones de utilización de corriente alterna, para instalaciones interiores, dependerán de las características de cada una de las cargas existentes.

Los conductores eléctricos empleados en las instalaciones interiores tienen un valor de tensión nominal según su tipo (sólido o flexible). La sección de los conductores que forman los circuitos independientes se calcula considerando la caída de tensión entre el principio del circuito y cualquier punto de utilización.

Los conductores de protección (tierra) tienen el mismo nivel de aislamiento que los conductores activos (los destinados normalmente a la transmisión de la energía eléctrica) y pasan ambos por la misma canalización.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el neutro y el de protección; se los reconoce por los colores de sus aislamientos o incluyendo etiquetas sobre los mismos. El color verde se reserva para el conductor de protección y el neutro deberá ser de color continuo blanco. Los conductores energizados podrán ser de cualquier color que no se confunda con el neutro ni con el conductor de puesta a tierra. No se puede utilizar un mismo conductor neutro para varios circuitos independientes.

2.4.- Característica de la utilización de la energía eléctrica en edificios comerciales

La utilización de la energía eléctrica en edificaciones comerciales, debido a su considerable desarrollo, puede llegar a ser peligrosa si no se toman las medidas necesarias que permitan hacerla llegar a los edificios de tal forma que su uso no implique peligro alguno para las personas e inmuebles. Para conseguirlo deben cumplirse tensiones de suministro adecuadas, con normas y elementos de seguridad, de modo que su manejo no presente riesgos.

Uno de los objetivos principales para analizar las características de la utilización de la energía eléctrica en un edificio es conocer la potencia total y el tipo de carga instalada; y, mediante este análisis determinar los periodos de tiempo de mayor consumo energético, conocer la relación entre la energía final consumida y la energía total suministrada, a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la energía.

2.4.1.- Carga instalada en el edificio. El estudio de la carga y la potencia instalada en un edificio permite: determinar si el sistema de distribución eléctrica puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico, distribuir correctamente la carga entre las fases, realizar un seguimiento del factor de potencia y calcular el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar de esta forma las medidas adoptadas para el ahorro de energía.

La carga instalada es la capacidad nominal del componente limitante de un sistema. En un edificio, la carga total es la resultante de la sumatoria de las cargas eléctricas correspondientes al conjunto de usuarios o abonados, a los servicios generales, los departamentos, oficinas, locales comerciales, entre otros.

La carga total de los servicios generales concierne al total resultante de sumar las cargas correspondientes a los ascensores, alumbrado de la escalera y a los servicios comunales de un edificio. La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos de consumo de un abonado.

Para determinar la carga del edificio:

- Se asigna el nivel de electrificación correspondiente a cada abonado de acuerdo a la superficie ocupada en la edificación, limitante que no implica que no pueda aumentarse. Se calcula la carga conveniente aplicando los coeficientes (factor) de simultaneidad que correspondan.
- Se calcula la carga correspondiente a los servicios generales del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad, pero aplicando los coeficientes de instalación adecuados.

- Se suma la carga correspondiente a los locales comerciales del edificio, calculada a razón de su superficie (en m^2), con una potencia mínima por local de acuerdo al nivel medio de electrificación, y con coeficiente de simultaneidad 1.
- La carga correspondiente a las oficinas del edificio, se calculará según su superficie (en m^2), con una potencia mínima de acuerdo al nivel medio de electrificación, y con coeficiente de simultaneidad 1.
- La carga correspondiente a los sitios designados para estacionamiento de vehículos, se calculará considerando un mínimo de 10 W/m^2 para estacionamientos de ventilación natural y de 20 W/m^2 para los de ventilación forzada, con una potencia mínima de acuerdo al nivel medio de electrificación, y con un factor de simultaneidad 1.
- La carga total del edificio será la sumatoria de las cargas parciales anteriormente calculadas.

2.4.2.- Patrones de utilización. Una gran parte de la energía eléctrica se utiliza en aparatos de baja tensión, lámparas y otros dispositivos con funciones específicas. Pero también en las edificaciones comerciales se encuentran motores (asincrónicos y sincrónicos) alimentados directamente por diferentes niveles de tensión.

El *voltaje de utilización* es el voltaje obtenido en los terminales del dispositivo eléctrico o máquina. Es el voltaje existente en el tomacorriente al cual se conectará el equipo. Debe tenerse presente que el voltaje de utilización no es el existente en la acometida, ya que de la acometida a los terminales de los dispositivos o de los tomacorrientes se produce una caída de tensión propia de la instalación eléctrica interior.

Un *patrón de consumo o utilización* de la energía eléctrica genera una muestra del comportamiento que caracteriza las formas de consumo eléctrico (compra y uso) de los usuarios. El *comportamiento o hábito* es el conjunto de acciones persistentes del grupo de abonados y que se observan regularmente en iguales o parecidas situaciones.

Los patrones de consumo son la clave para analizar cuáles alternativas son viables para satisfacer la demanda. Cambiar de patrones de uso energético es muy difícil. El uso de la energía tiene un costo ecológico, social y económico.

Debe considerarse que la acción de consumo energético está también mediada por el nivel de equipamiento eléctrico, por los horarios de mayor permanencia de los habitantes del edificio y por el uso intensivo o no intensivo, eficiente o no eficiente que hagan de los equipos y artefactos eléctricos.

El establecimiento de un patrón de utilización energético ha sido motivado por la necesidad de alcanzar una mayor confiabilidad de los sistemas de medición de potencia y de consumo de energía eléctrica en las edificaciones, además del ahorro de energía y la optimización de la calidad en el suministro de energía eléctrica.

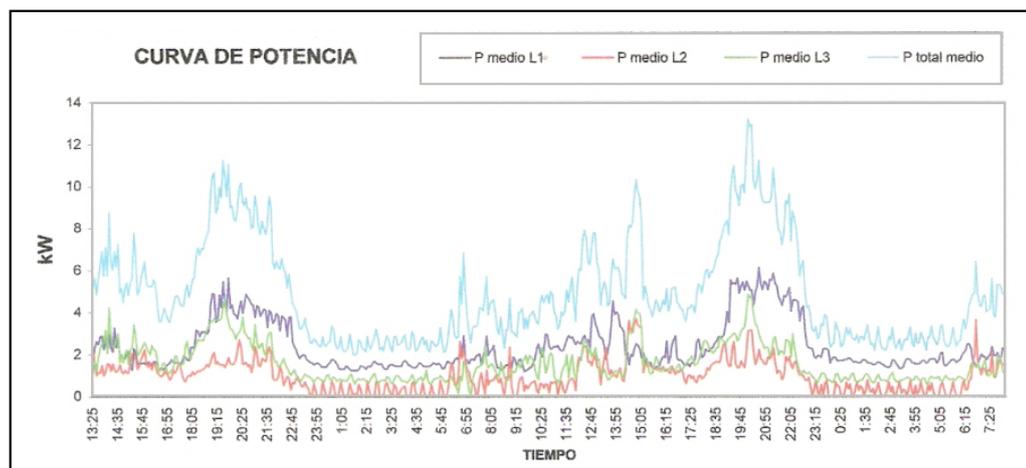


Figura. 2.4. Curva de potencia³.

Una *curva de potencia* se obtiene con instrumentos de medida de la energía, calidad de la energía eléctrica o a través de centrales de medida conectados al sistema eléctrico, los cuales proporcionan datos para ser procesados en un computador personal mediante el software más adecuado.

³ EEQ S.A., División de Ingeniería de Distribución, Reducción de Pérdidas Técnicas, Edificio San Isidro, 2008.

2.4.3.- Perturbaciones en el sistema eléctrico. Las perturbaciones en la red eléctrica causan una disminución de la calidad en la señal de alimentación suministrada a los equipos, a esto se le conoce como *calidad de la red eléctrica*. Estas perturbaciones pueden producir un mal funcionamiento de un equipo eléctrico o electrónico y en ocasiones llegan a dañarlo permanentemente, trayendo como consecuencia importantes pérdidas económicas.

La *perturbación eléctrica* es todo fenómeno que hace variar los valores nominales de la onda de tensión (o de corriente) de la red. Asimismo, la *perturbación electromagnética* es todo fenómeno perturbador de naturaleza eléctrica, magnética o electrostática que puede afectar tanto a la red como al funcionamiento de los aparatos eléctricos o electrónicos.

Las redes de baja tensión (BT) están sometidas a múltiples agresiones. Los materiales electrotécnicos y los equipos electrónicos, que son cada vez más abundantes, deben resistir a un entorno electromagnético severo.

Para mejorar la calidad de la energía eléctrica y evitar los fallos de funcionamiento y hasta la destrucción de componentes de las redes eléctricas o de sus componentes, es indispensable comprender el origen de las perturbaciones y valorar sus riesgos.

Idealmente la señal de tensión debe ser una onda senoidal pura con una frecuencia constante; sin embargo, en la realidad esto no sucede, ya que la onda de tensión presenta perturbaciones como:

a) Ruidos e Impulsos eléctricos. El *ruido eléctrico* es una señal eléctrica indeseable que produce efectos impredecibles en los equipos eléctricos y electrónicos más susceptibles. En la Figura 2.5 se muestra una onda de tensión con ruido.

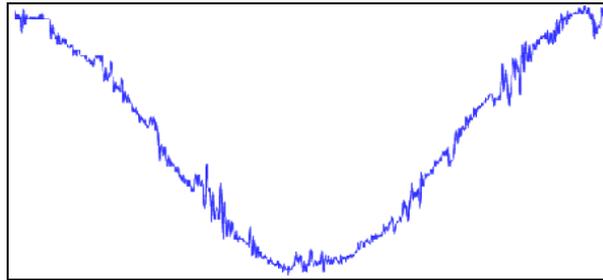


Figura. 2.5. Onda de tensión con ruido⁴.

El *ruido* y los *impulsos eléctricos* son perturbaciones de tensión que tienen lugar entre los conductores activos de alimentación (fase y neutro en sistemas monofásicos; fases o fase y neutro en sistemas trifásicos). Si son frecuentes y de escaso valor (decenas de voltios), se llaman *ruidos*; si son esporádicos y de valor elevado (cientos de voltios), se denominan *impulsos*, es decir, cuando su duración es inferior a 2 ms. Los impulsos son transitorios de tensión o de corriente de muy corta duración y muy alta magnitud.

Los ruidos eléctricos se producen debido al funcionamiento de máquinas eléctricas con escobillas, soldadoras de arco, timbres, interruptores, etc., los cuales se encuentran conectados en algún punto cercano a la carga utilizada. No producen daño en los equipos, pero si pueden causar un mal funcionamiento.

Los impulsos eléctricos suelen producirse por maniobras, conexión y desconexión de bancos de condensadores, funcionamiento de hornos de arco, máquinas con escobillas, interruptores, termostatos y por descargas eléctricas y atmosféricas. De todas las perturbaciones, son las más aleatorias y menos predecibles.

Este tipo de perturbaciones puede producir daños muy serios en los equipos. Una forma de onda de tensión con la presencia de un impulso eléctrico se muestra en la Figura 2.6.

⁴ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 12.

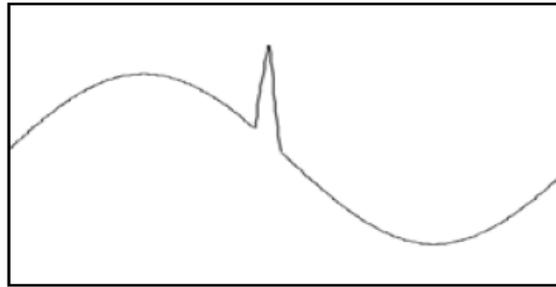


Figura. 2.6. Onda de tensión con impulso eléctrico⁵.

El *ruido de modo común* es una señal indeseada que aparece entre neutro y tierra o que en general involucra la tierra de los equipos, en tanto que el *ruido de modo normal* aparece entre fases y neutro o en general involucra los conductores que normalmente transportan corriente. Un transformador es un excelente medio para eliminar el ruido de modo común, ya que al colocar su tierra y neutro unidos se cortocircuita el ruido de modo común.

b) Fluctuaciones de tensión e interrupciones del suministro. Las fluctuaciones de tensión se presentan como variaciones lentas y rápidas de tensión. Se considera una variación lenta de tensión, aquella que se presenta con una duración de 10 segundos o más. Se produce debido a la variación de las cargas en redes eléctricas con impedancia alta de cortocircuito. Si sobrepasan los límites estáticos permitidos por los equipos, pueden producir fallos en su operación. Este tipo de variación de tensión se muestra en la Figura 2.7.

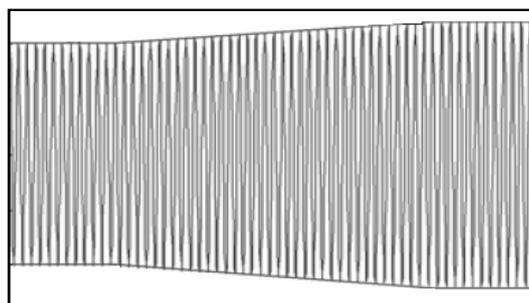


Figura. 2.7. Variación lenta de tensión⁶.

Una variación rápida de tensión tiene una duración menor a los 10 segundos. Se producen debido a la conexión y desconexión de cargas grandes y

⁵ SÁNCHEZ, Víctor, *Perturbaciones en la red eléctrica*, Universidad de Quintana Roo, México, 2006, pág. 35.

⁶ SÁNCHEZ, Víctor, *Perturbaciones en la red eléctrica*, Universidad de Quintana Roo, México, 2006, pág. 36.

maniobras en las líneas de la red eléctrica. El daño que pueden causar en los equipos depende de su amplitud y su duración, dado que un equipo puede soportar una mayor amplitud en un menor tiempo y viceversa. Este tipo de variación de tensión se muestra en la Figura 2.8.

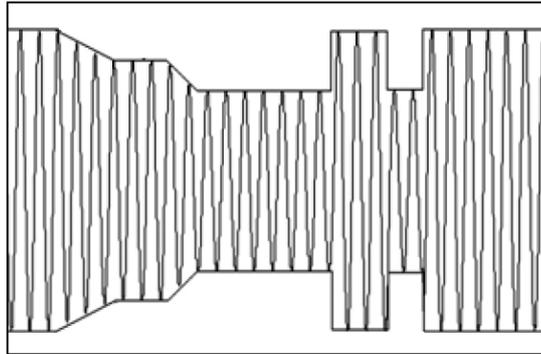


Figura. 2.8. Variación rápida de tensión⁷.

- Los *cortes de servicio (blackouts)* son pérdidas de la señal de potencia (voltaje y corriente) en una instalación; se presenta durante un tiempo muy breve.
- Una *variación de tensión (brownout)* es una condición de baja tensión que no dura más de unos pocos ciclos. Estas difieren de las interrupciones momentáneas sólo en la duración.
- La *caída permanente de tensión (under voltage)* es una disminución en la tensión nominal para duraciones mayores a 2 minutos. Una *sobretensión* es un incremento de la tensión sobre el nivel permitido con una duración mayor a 2 minutos. Puede ser causada por sobrecompensación con capacitores y taps de transformadores en posición elevada.
- Una *caída momentánea de tensión (sag - DIPS)* es una reducción en la tensión por debajo de lo permitido con una duración mayor a medio ciclo pero menor a 2 minutos (Figura 2.9). Puede ser causada por fallas en los sistemas de transmisión o distribución, o por “switchero” de corrientes elevadas y mala operación.

⁷ SÁNCHEZ, Víctor, Perturbaciones en la red eléctrica, Universidad de Quintana Roo, México, 2006, pág. 36.

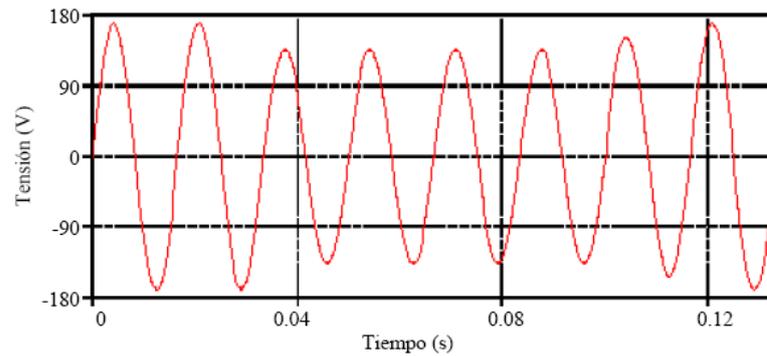


Figura. 2.9. Onda de tensión afectada con *sag*⁸.

- La *elevación momentánea de tensión (swell)* es un incremento en la tensión por encima de lo permitido, con una duración mayor a medio ciclo y menor a unos pocos segundos. Se presenta en las fases de un sistema trifásico, durante una falla monofásica a tierra. La Figura 2.10 muestra una onda de tensión con “swell”.

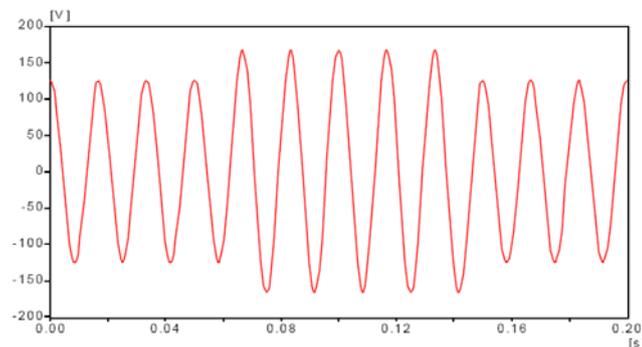


Figura. 2.10. Onda de tensión afectada con *swell*⁹.

- Una *distorsión de tensión* es cualquier desviación de la onda senoidal nominal de tensión de la línea AC.
- Los *cortes, salidas o interrupciones (outage)* son pérdidas de tensión desde 30 ciclos hasta muchas horas, inclusive días. Usualmente son causados por fallas en la operación de breakers o fusibles. Las interrupciones pueden ser temporales o permanentes. Un *outage* describe el estado de un componente cuando no está disponible para ejecutar su

⁸ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 13

⁹ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 48

función asignada, debido a algunos eventos directamente asociados con ese componente. Pueden o no causar una interrupción del servicio a los consumidores dependiendo de la configuración del sistema.

La Figura 2.11 muestra una interrupción en la onda de tensión.

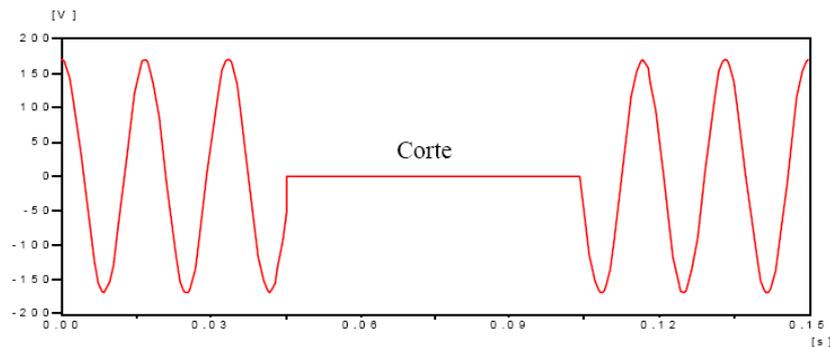


Figura. 2.11. Interrupción en la onda de tensión¹⁰.

Una *interrupción* es una pérdida completa de la tensión por un período de tiempo. El tiempo base de la interrupción se caracteriza como sigue:

Instantánea	0,5 a 30 ciclos
Momentánea	30 ciclos a 2 s
Temporal	2 s a 5 min
Sostenida	> 2 min

Tabla. 2.3. Tiempo base de la interrupción.

- En la Figura 2.12 se ilustra una *caída de tensión* (*under voltage – voltage drop*). Se presenta cuando la tensión de utilización vista por el usuario es menor que el límite inferior de la tensión de operación nominal. Las causas son: sobrecargas en conductores (conductores subdimensionados), trayectorias muy largas, conexiones con malos contactos, caídas de tensión en los sistemas de transmisión primarios y secundarios.

¹⁰ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 14.

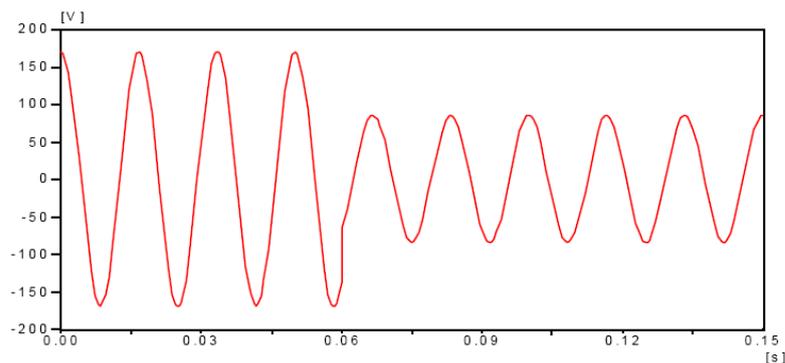


Figura. 2.12. Caída permanente de tensión¹¹.

- En ocasiones, especialmente durante condiciones de baja carga, los reguladores o los bancos de capacitores pueden sobre-compensar y crear una sobretensión que dura desde unos pocos segundos hasta muchas horas. Estas son las *elevaciones permanentes de tensión* (Figura 2.13).

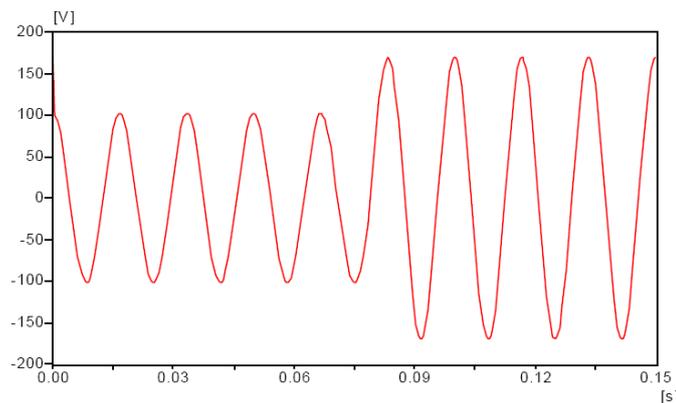


Figura. 2.13. Elevación permanente de tensión¹².

c) Flicker. El *flicker* o *parpadeo* es una variación de la amplitud de la tensión en un rango menor al 10% del valor nominal que produce fluctuación del flujo luminoso en lámparas en un rango de frecuencias de 0 a 25 Hz aproximadamente, y que afecta a la visión humana. Se ha comprobado estadísticamente que la visión humana es muy sensible a frecuencias en el rango de 8 a 10 Hz y en que variaciones de tensión en un rango de 0,3 a 0,4% de la

¹¹ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 15.

¹² RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 39.

magnitud ya producen fluctuaciones luminosas en lámparas que son perceptibles como "parpadeo". El flicker depende básicamente de la amplitud, frecuencia y duración de las variaciones de la tensión y se expresa como el cambio de la tensión (rms) dividido por la tensión promedio (rms).

Las desviaciones periódicas del voltaje se producen por consumos de cargas industriales grandes como hornos de arco, soldadoras, arranques de grandes motores sincrónicos, compresores, bombas, refrigeradores, elevadores. Otras fuentes de flicker de menor tamaño son los UPS, inversores, rectificadores, controladores de velocidad para motores, máquinas de rayos X, fotocopiadoras, conmutación de bancos de capacitores para la corrección del factor de potencia, entre otros. El flicker es similar a la modulación de amplitud de una onda de alta frecuencia por una onda de baja frecuencia, la forma de esta onda puede observarse en la Figura 2.14.

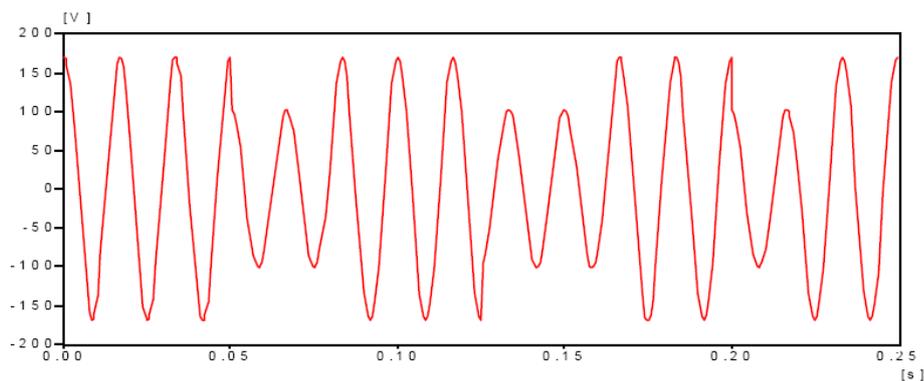


Figura. 2.14. Desviaciones periódicas en una onda de tensión¹³.

d) Distorsión armónica. El *armónico* es un componente senoidal de una onda periódica con una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Los armónicos generalmente no son producidos por la empresa suministradora de energía, sino que son generados por los consumidores que poseen cargas industriales, y si estos armónicos son de suficiente magnitud, pueden desplazarse hacia el sistema de potencia y afectar a otros consumidores.

¹³ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 40.

La *distorsión armónica* es la alteración de la onda seno cuya frecuencia es un múltiplo de la frecuencia fundamental (60 Hz). Convierte la onda normal seno en una forma de onda compleja. La Figura 2.15 muestra una distorsión armónica en la forma de onda de la tensión.

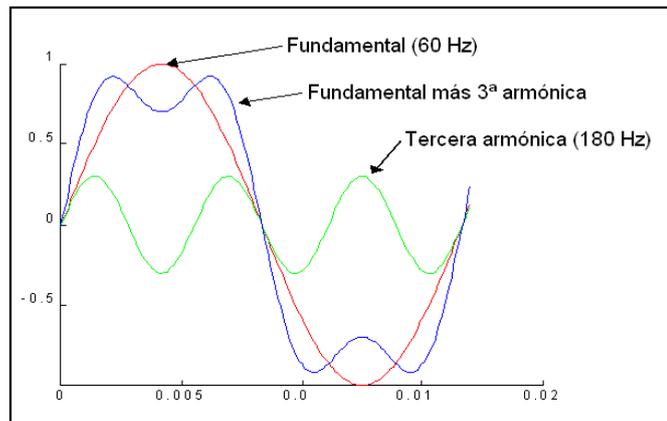


Figura. 2.15. Frecuencia fundamental más tercera armónica¹⁴.

El *factor de distorsión* es la relación entre la raíz media cuadrática del contenido armónico y la raíz media cuadrática de la cantidad fundamental, con frecuencia expresada como un porcentaje de la fundamental. También se la conoce como distorsión armónica total (THD).

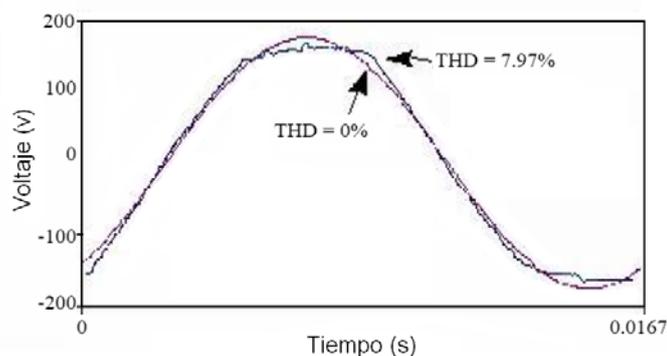


Figura. 2.16. Distorsión armónica total¹⁵.

Son fuente de armónicas las inyectadas a las redes eléctricas por los convertidores estáticos de potencia y por otras cargas no lineales; rectificadores,

¹⁴ MADRIGAL, Manuel, Análisis Armónico en Sistemas Eléctricos, I.T.M., México, pág. 33.

¹⁵ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 11.

inversores, convertidores, transformadores, hornos de arco, la operación de rectificadores con carga capacitiva, algunos convertidores modernos de uso industrial y que introducen armónicas reducidas a las redes.

La distorsión armónica, de tensión o de corriente, da origen a efectos negativos como:

a) Mayores demandas térmicas:

- Pérdidas adicionales en conductores.
- Pérdidas adicionales en núcleos de las máquinas.

b) Mayor exigencia de aislamiento:

- Cables.
- Capacitores.

c) Operaciones anormales y fallas de equipos:

- Torques pulsantes en máquinas.
- Operaciones falsas en protecciones.
- Señales de referencias falsas.
- Interferencia en comunicaciones.
- Errores de medición.
- Interferencia electrónica de aparatos de control.
- Corrientes importantes en el neutro.

d) Excitación de resonancias en la red:

- Explosión de filtros o bancos de capacitores.
- Destrucción de transformadores.
- Se queman fusibles.

e) Transitorios (Transient). Un *transitorio* es un evento de alta frecuencia (pulso de corta duración y de alta amplitud) sobrepuesto a la señal AC. La duración es por lo general inferior a medio ciclo, puede ser aditivo o sustractivo y decae oscilatoriamente.

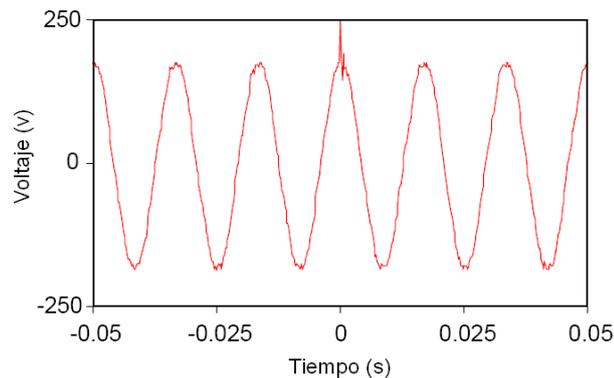


Figura. 2.17. Transitorio en la onda normal de tensión¹⁶.

Un transitorio tipo *impulso* tiene una rápida elevación y cae más suavemente pero contiene alta energía (se eleva a cientos o aún a miles de voltios) y es unipolar. Puede durar desde unos pocos microsegundos hasta 200 microsegundos. Un impulso transitorio típico tiene la magnitud medida desde el punto en el cual ocurre en la onda senoidal, no desde la tensión cero. Es llamada *spike* (pico) si se adiciona a la onda senoidal, y *notch* (hendidura) si se resta de la onda.

Un transitorio tipo *oscilatorio* se eleva rápidamente en el tiempo, las oscilaciones decaen exponencialmente y contienen más baja energía que el impulso (250 a 2500 voltios). Un transitorio oscilatorio puede durar un ciclo o aún más, y puede tener frecuencias desde unos pocos cientos de ciclos (Hz) hasta algunos megahertz (MHz).

Además existen transitorios en *modo diferencial*, se presentan entre los dos conductores normalmente energizados (fase – neutro), el voltaje entre neutro y tierra no presenta transitorio alguno; el voltaje es cero; y en *modo común*, en donde los conductores energizados tienen distintos potenciales con respecto a tierra. Pueden ser producidos por fallas en las líneas de distribución o por resultantes de arcos en la operación de líneas o por rayos directos o inducidos sobre las líneas de distribución, por aparatos eléctricos como interruptores, motores de ascensores, máquinas industriales.

¹⁶ RAMÍREZ Samuel, CANO Antonio, Calidad del servicio de energía eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Primera edición, Colombia, 2003, pág. 14.

f) Variaciones de frecuencia. Son cambios en la frecuencia de la señal senoidal proporcionada por la red (60 Hz). Con dificultad se presenta este problema en la red eléctrica en condiciones normales, llegaría a ocurrir debido a la interconexión de los centros de generación de energía eléctrica. Generalmente sólo se producen en centros con generación aislada de tensión como lo pueden ser redes eléctricas rurales que obtienen energía eléctrica a partir de generadores de combustión interna, paneles fotovoltaicos, generadores eólicos o en plataformas de explotación petrolera.

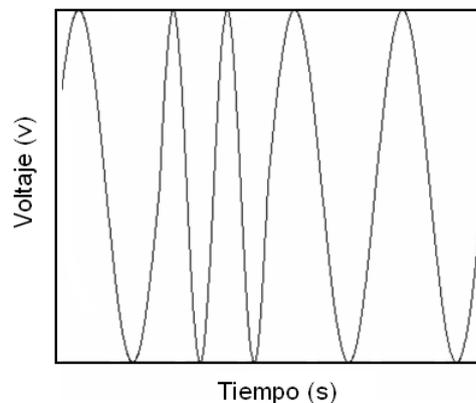


Figura. 2.18. Onda de tensión con variación de frecuencia.

g) Compatibilidad Electromagnética. A pesar de los grandes avances tecnológicos de las industrias electrónicas y de telecomunicaciones, no se ha logrado diseñar y construir equipos y dispositivos electrónicos que sean *compatibles electromagnéticamente*, es decir, que tengan la capacidad de operar satisfactoriamente dentro de un ambiente electromagnético, esto es, no interferir electromagnéticamente en otros equipos o dispositivos eléctricos o electrónicos y, en caso de ser interferido, no se degraden o fallen. La *compatibilidad electromagnética* (EMC, electromagnetic compatibility) es la capacidad de los componentes de un equipo electrónico de funcionar correctamente juntos en el entorno electrónico.

La *interferencia electromagnética* (EMI) se define como cualquier perturbación electromagnética que se manifiesta en la degradación de la operación, el mal funcionamiento o la falla de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico, electrónico o de telecomunicaciones. Aunque el concepto ha sido

asociado con fenómenos de radiación o conducción de campos electromagnéticos, este tiene una designación más amplia que incluye fenómenos como armónicos, transitorios, rayos, descargas electrostáticas, ruido, fluctuaciones de tensión y otros.

Básicamente las interferencias electromagnéticas se producen debido a que existe un acople entre dos equipos, este puede ser de tipo capacitivo o inductivo, también puede suceder que la interferencia se propague a través de una impedancia compartida entre ambos circuitos.

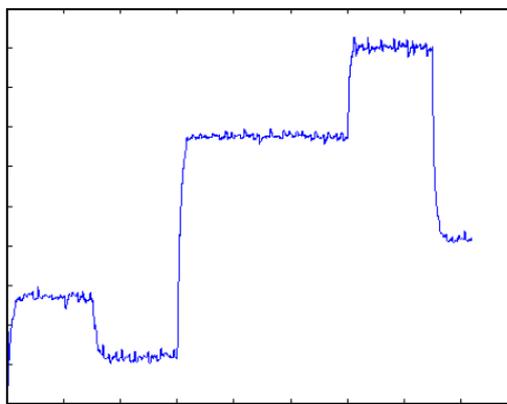


Figura. 2.19. Sistema en presencia de EMI¹⁷.

2.5.- Protecciones

Una de las principales funciones de las protecciones eléctricas es la de asegurar el funcionamiento de las instalaciones, despejando las fallas en el punto más próximo en donde está produciéndose el evento, con selectividad. Otra función importante es evitar que progrese el daño que está produciendo la falla con la consecuente destrucción de los equipos e instalaciones.

La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado en consideración desde el momento de la concepción de una instalación en baja tensión, con el fin de garantizar a los utilizadores la mejor disponibilidad de la energía.

¹⁷ RAMÍREZ, Jaime, Fallas por interferencias electromagnéticas, Universidad de Los Andes, Venezuela, pág. 7.

La *selectividad* es la coordinación de los dispositivos de corte automático para que un defecto producido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por él.

Una distribución se considera *totalmente selectiva* si, para cualquier valor de corriente de defecto, sólo el dispositivo de protección situado más cerca de la falla (aguas arriba), de entre los solicitados por la corriente del defecto, abre y permanece abierto. Se dice que hay *selectividad parcial* si la condición anterior no se cumple a partir de un cierto valor de la corriente de defecto, es decir, cuando sólo se asegura hasta un cierto valor de la corriente.

Las protecciones se pueden clasificar según la falla a prevenir o de acuerdo al equipo o elemento a proteger.

2.5.1.- A descargas eléctricas. Existen muchos trabajos experimentales que se han realizado para conocer los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano y cabe destacar dos aspectos: los fenómenos fisiológicos de la corriente eléctrica y los factores que intervienen en el accidente eléctrico.

Bajo los efectos de una corriente eléctrica, puede sobrevenir la muerte de una persona por las causas siguientes:

- Paralización del corazón.
- Atrofia de los músculos del tórax (asfixia).
- Carbonización de los tejidos.
- Electrólisis de la sangre (solamente en corriente continua CC o DC).

Aunque los cuerpos humanos reaccionan de diferente manera unos de otros y dependiendo de las condiciones del momento, la corriente eléctrica empieza a ser peligrosa cuando atraviesan el cuerpo humano más de 25 mA al menos durante 0,2 segundos.

Se ha comprobado que la resistencia del cuerpo humano, con piel sana y seca, dependiendo de la tensión aplicada, pudiendo variar entre 2500 y 100000 ohmios. Esta resistencia también disminuye debido a la humedad, la transpiración, las heridas superficiales, al aumentar la masa muscular de las personas, si el contacto es inesperado. También y por causas experimentales se sabe que a altas frecuencias la corriente eléctrica deja de ser peligrosa para el cuerpo humano (a partir de 7 kHz aproximadamente), y por tal motivo se emplea mucho en electromedicina. Debido a todo lo anteriormente expuesto, cuando se hacen cálculos sobre la seguridad contra electrocución, y con el fin de trabajar con un buen margen de seguridad, se considera que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 ohmios (1 k Ω).

Por eso los reglamentos electrotécnicos fijan como tensiones peligrosas, exigiendo la instalación de protecciones contra electrocución, las siguientes:

- 50 V, con relación a tierra, en locales secos y no conductores.
- 24 V, con relación a tierra, en locales húmedos o mojados.
- 15 V, en instalaciones para piscinas.

Frente a los peligros de la corriente eléctrica, la seguridad de las personas se fundamentará en que nunca puedan estar sometidas involuntariamente a una tensión peligrosa. Por esto, para la protección contra electrocución deben proporcionarse los medios necesarios para que la descarga nunca ocurra.

Entre las principales medidas de seguridad a tomarse, se tiene:

- Separación de circuitos.
- Separación entre partes con tensión y masas metálicas por medio de aislamientos.
- Inaccesibilidad simultánea entre conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con elementos aislantes.
- Puesta a tierra de las masas.

- Relés de control de aislamiento, que pueden ser: interruptores diferenciales, para redes con neutro a tierra; y, relés de aislamiento, para redes con neutro aislado.

2.5.2.- A cortocircuitos. El origen de los cortocircuitos se debe a la pérdida de las propiedades dieléctricas de los equipos e instalaciones. El *cortocircuito* es un fenómeno eléctrico ocasionado por una unión, accidental o intencional, de muy baja resistencia o impedancia, entre dos o más puntos con diferente potencial.

Los cortocircuitos desde el instante en que se producen, modifican las condiciones de trabajo de las redes eléctricas. Las consecuencias que producen los cortocircuitos son el aumento de las temperaturas (efecto térmico) y fenómenos electrodinámicos en las conducciones y equipos.

Los elementos que se utilizan para la protección de cortocircuitos, son fusibles, interruptores automáticos, termomagnéticos, disyuntores y relés de protección. Estos elementos se seleccionan de acuerdo a las corrientes nominales de las cargas y de la potencia de cortocircuito que se presenta en la red. Tienen curvas características que responde al comportamiento de actuación propios. Estas curvas sirven para la selectividad con otras cargas.

En el caso del fusible, este es un elemento de actuación, con la fusión de un elemento fusible, produciendo la apertura del circuito principal.

En los interruptores automáticos, termomagnéticos, disyuntores, estos producen la apertura de los circuitos, luego de despejada la falla, pueden volver a conectar los circuitos sin inconvenientes.

En el caso del relé, es similar su funcionamiento al de los relés de sobrecarga, se detecta la corriente de falla a través de los transformadores de corriente colocados en los circuitos, produciendo una acción sobre el comando de las redes eléctricas.

2.5.3.- A sobre-intensidad de corriente. Por *sobre-intensidad* se entiende a toda corriente cuyo valor es más alto que el valor nominal de la misma. Este valor más alto da origen a dos aspectos de corriente que pueden provocar la sobre-intensidad:

- Corrientes de sobrecarga.
- Corrientes de cortocircuito.

Un dispositivo de protección adecuado debe proporcionar la capacidad normal de apertura y cierre de un circuito bajo cargas normales y la capacidad de interrupción segura de las corrientes de cortocircuito.

Los dispositivos de apertura de circuitos que proporcionan una o ambas de tales capacidades son:

- Interruptores automáticos o disyuntores de circuito.
- Fusibles.
- Interruptores de carga.
- Interruptores seccionadores.
- Desconectores.
- Contactores.

a) Protección contra corrientes de sobrecarga. Una corriente de sobrecarga es aquella que en un circuito eléctrico o instalación originan daños como consecuencia de una sobre-intensidad de corriente, si permanecen durante mucho tiempo. Pueden tener su origen en aquellos aparatos o materiales que hayan sido mal dimensionados.

El efecto principal que origina una sobrecarga es el calentamiento de los conductores a temperaturas no admisibles, provocando el deterioro de los mismos. Entonces, en cuanto más alta es la corriente de sobrecarga, con mayor rapidez se alcanzará la temperatura límite y más corto será el tiempo de carga admisible.

De esto se deduce que el objetivo final de la protección contra sobrecargas es permitir aquellas que correspondan a un servicio normal, pero desconectándolas anticipadamente para que no se sobrepase el tiempo de carga admisible.

Los dispositivos más empleados para la protección contra sobrecargas son:

- Fusibles calibrados, tipo gT o gF (nunca aM).
- Interruptores automáticos termomagnéticos (PIA).
- Relés térmicos.

b) Protección contra corrientes de cortocircuitos. La protección contra cortocircuitos consiste en limitar los esfuerzos de origen térmico y dinámico al mínimo, siendo detectados para ello en unos pocos milisegundos.

Un relé de protección contra cortocircuito monitoriza corriente, la compara con el umbral regulado y ordena la desconexión, jamás actúa directamente sobre el circuito principal, porque no está diseñado para interrumpir por sí mismo un circuito de potencia en estado de falla. Considerar los siguientes principios para la regulación:

- El umbral de corriente a regular sobre la protección de cortocircuito es el valor de corriente al que la protección ordena la interrupción del circuito de potencia en estado de falla.
- Este valor deberá ser inferior al menor valor encontrado por cálculo para la corriente de cortocircuito mínima de la red protegida por la protección que está regulándose. Este debe disminuirse en un factor de seguridad suficiente.
- El umbral de regulación o valor regulado sobre la protección debe ser superior al valor de la corriente de arranque del mayor motor presente en la instalación protegida.

- En lo posible, el pequeño retardo independiente introducido deberá ser adecuado para establecer la selectividad con otras protecciones situadas “aguas arriba de la regulada”.

2.5.4.- A contactos directos e indirectos. La protección en forma simultánea contra los contactos directos y contra contactos indirectos se puede lograr mediante el uso de fuentes y circuitos de muy baja tensión sin puesta a tierra. En este caso las tensiones nominales no superan los 24 V para ambientes secos, húmedos y mojados y de 12 V para lugares donde el cuerpo este sumergido en agua.

a) Protección contra contactos directos. Contacto directo es el contacto de personas o animales con partes eléctricamente activas de los materiales y equipos.

Para la protección de las personas contra el riesgo de contactos directos, se adoptará una o varias de las siguientes medidas:

- **Protección por aislamiento de las partes activas.** Se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen para evitar un contacto accidental. Se considerarán todos los movimientos de piezas conductoras no aisladas, desplazamientos y balanceo de las personas, caídas de herramientas y otras causas.
- **Protección por medio de barreras o por medio de envolturas.** Las partes activas de la instalación estarán recubiertas con un aislamiento apropiado que conserve sus propiedades durante su vida útil y que limite la corriente de contacto a un valor inofensivo.
- **Protección parcial contra contactos directos por puesta a tierra.**
- **Protección parcial por medio de obstáculos.** Se interpondrán elementos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. La eficacia de los obstáculos deberá estar asegurada por su naturaleza, su extensión, su disposición, su resistencia mecánica y por

su aislamiento. No debe excluirse la protección por obstáculos antes de haber desactivado las partes conductoras. Si existieran razones de fuerza mayor, se tomarán todas las medidas de seguridad de trabajo con tensión.

- **Protección complementaria o adicional por interruptores diferenciales.**

b) Protección contra contactos indirectos. El contacto indirecto se produce cuando, por efecto de un fallo en un aparato o accesorio, se desvía la corriente eléctrica a través de las partes metálicas de éstos.

Para proteger a las personas contra riesgos de contacto con masa puestas accidentalmente bajo tensión, éstas deberán estar puestas a tierra y además se adoptará las siguientes formas de protección contra contactos indirectos:

- Por utilización de equipos, dispositivos y canalizaciones de doble aislamiento.
- Por corte automático de la alimentación.

Es necesario establecer un sistema de protección cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo y otros.

2.5.5.- A descargas atmosféricas. Debido al rozamiento de las partículas de agua o hielo con el aire, se produce la creciente separación de cargas eléctricas positivas y negativas en las nubes, separación que genera campos eléctricos. Cuando el campo eléctrico resultante excede el de ruptura dieléctrica del medio, se produce una descarga entre dos partes de una nube, entre dos nubes diferentes o entre la parte inferior de una nube y tierra. Esta descarga ioniza el aire por calentamiento. La brusca dilatación del aire genera el trueno, mientras que el decaimiento de los electrones a sus niveles de equilibrio genera radiación electromagnética y luz.

El *rayo* es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electroestáticas que han sido generadas y acumuladas progresivamente en la

nube durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta. Los rayos más importantes por su efecto son los de nube a tierra, y en éstos se encuentran: los iniciados en las nubes y los iniciados en tierra, y que pueden ser positivos o negativos. Los más comunes, siendo el 90% de los rayos detectados, son de una nube negativa hacia tierra.

Tanto los rayos y sus efectos son fenómenos meteorológicos consecuencia de las descargas eléctricas engendradas en el interior de un condensador natural que se propagan a través de un *dieléctrico*¹⁸, en este caso el aire.

Según el origen y destino de estas descargas en la atmósfera terrestre, pueden clasificarse en:

- Descargas entre nube y tierra.
- Descargas dentro de una misma nube (intranubes).
- Descargas entre una nube y otra nube (internubes).
- Descargas entre una nube y la ionosfera.

La protección de estructuras es más tolerante que una protección electrónica. Así, un edificio puede tolerar hasta 100.000 V, mientras que los componentes electrónicos se dañarían.

Los rayos ocurren con diferentes intensidades y un sistema que proteja contra su efecto deberá ser diseñado tomando en cuenta los rayos promedio o mayores del área en cuestión. Las descargas no pueden ser detenidas, pero la energía puede ser desviada en una forma controlada. La protección contra descargas directas puede ser muy costosa.

Un sistema de protección contra descargas atmosféricas, llamado *pararrayos*, es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo y conducir la descarga hacia tierra, de tal manera que no cause daños a construcciones o personas.

¹⁸ Un *dieléctrico* es una sustancia que es mala conductora de la electricidad y que amortigua la fuerza de un campo eléctrico que la atraviese.

Este sistema de protección debe:

- Capturar el rayo en el punto diseñado para tal propósito (terminal aérea).
- Conducir la energía de la descarga a tierra, mediante un sistema de cables conductores que transfiere la energía de la descarga mediante trayectorias de baja impedancia, y;
- Disipar la energía en un sistema de terminales (electrodos) en tierra.

Cuando la energía de un rayo viaja a través de una trayectoria de gran impedancia, el daño causado puede ser grave por el calentamiento.

Excepto en el caso de los rayos, la mayor parte de las causas de sobrevoltaje o sobretensión están dentro del propio sistema. Las más sobresalientes son:

- Acumulación de cargas estáticas.
- Contacto con otros sistemas de alto voltaje.
- Efectos de resonancia de circuitos inductivos y capacitivos en serie.
- Contactos a tierra intermitentes y restablecimientos repetitivos.
- Sobrecorrientes de conmutación.

El sobrevoltaje más destructivo es el debido a rayos. Otros tipos de sobrevoltaje o sobretensiones son:

a) Sobretensiones externas. Tienen su origen en descargas atmosféricas, y una velocidad de propagación próxima a la velocidad de la luz. Normalmente las descargas se manifiestan en forma de ondas de frente escarpado, alcanzando su valor medio en el corto espacio de tiempo de 1 μs (microsegundo) y disminuyendo el valor a cero en unos 100 μs .

Las sobretensiones de origen externo pueden ser por:

- Descarga directa sobre la línea.

- Descargas entre nubes próximas a líneas (descarga inductiva).
- Descarga entre líneas y tierra (descarga indirecta).
- El efecto pantalla de las edificaciones (descarga reflejada).

b) Sobretensiones internas. Se originan en las variaciones de carga en una red, maniobras de desconexión de un interruptor, formación o cese de un fallo a tierra, corte de alimentación a un transformador en vacío, puesta en servicio de línea aérea o subterránea.

- **Sobretensiones de maniobra.** Las principales sobretensiones de maniobra se deben a aperturas de interruptores, fusión de un fusible y desconexión de un transformador que funcione en vacío. Este tipo de sobretensiones, tanto por su larga duración como por su elevada frecuencia, influyen considerablemente a la hora de la elección de protecciones como el pararrayos.
- **Sobretensiones de puesta a tierra.** Se consideran solo las que forman parte de fenómenos transitorios producidos durante la puesta a tierra e interrupción de la misma. Los arcos que se producen son muy peligrosos y las sobretensiones pueden alcanzar valores de 3 veces la tensión nominal entre fases.
- **Sobretensiones a la frecuencia de servicio.** Son las originadas en las centrales eléctricas por causa de una disminución brusca de carga en la red que alimentan, al permanecer constante la excitación del alternador, motivando el embalamiento de la turbina. Las sobretensiones alcanzan valores del orden de 1,5 veces la tensión nominal.
- **Sobretensiones de puesta en servicio de líneas.** La puesta en servicio de una línea, aérea o subterránea, origina una onda estacionaria de corta duración que normalmente se amortigua a lo largo de la red.

Los dispositivos y aparatos de protección contra sobretensiones conectados permanentemente a las líneas eléctricas son:

- **Cables de tierra.** Destinados a prevenir ondas de sobretensiones externas y derivarlas a tierra.
- **Puesta a tierra del neutro.** Sea directamente ó a través de resistencias o impedancia débiles.
- **Pararrayos.** Provocan la descarga a tierra de la corriente que a él llega, a través de las líneas a las que está conectado.

2.5.6.- Sistemas de puesta a tierra. Los sistemas de tierra son protecciones eléctricas basadas en aplicaciones en las cuales cada instalación es única en su localización, tipo de suelo, y equipos a proteger. Los objetivos de un sistema de puesta a tierra son:

- Brindar seguridad a las personas.
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, facilitando y garantizando la correcta operación de los dispositivos de protección.
- Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- Cumplimiento de normas y reglamentos técnicos en vigencia.

Todo sistema se “aterriza” o conecta a tierra a través de una puesta a tierra especial, o a través de la capacitancia distribuida respecto a tierra de los diversos componentes. La tierra de un sistema es la conexión de uno de los conductores activos con la masa terrestre.

El tipo de impedancia implicado en la “aterriización” o “terrización” designa el tipo de tierra del sistema. Los principales tipos de tierra del sistema son:

- Directo.
- De baja resistencia.
- De alta resistencia.
- De reactancia.
- Resonante.
- Indirecto (de capacitancia distribuida).

La naturaleza de la puesta a tierra tiene efecto sobre las magnitudes de los voltajes de línea a tierra que existen durante condiciones estables y transitorias.

Además del control de sobrevoltajes del sistema, la conexión a tierra de los neutros proporciona una protección más rápida y sensible contra fallas, basadas en la detección de las corrientes de tierra. Los dispositivos de protección de circuitos en sistemas puestos a tierra se disponen para eliminar la parte con falla del sistema.

Para la mayoría de sistemas de bajo voltaje se requiere que el sistema sea de tierra directa. Las tierras de reactancia y resistencia generalmente se consideran en el caso de generadores y motores para reducir y limitar las corrientes de falla de línea a neutro.

El sistema de tierra consta de:

- Electrodo de contacto en el suelo.
- Barra colectora de tierra.
- Conductores de puesta a tierra.

El *electrodo de contacto con tierra* es un conductor que se clava en el suelo, y sirve para mantener el potencial de tierra en la barra colectora y conducir a tierra la corriente. La barra colectora de tierra se usa para obtener un potencial uniforme en un área dada del sistema, y está ligada a los conductores de tierra conectados a los armazones y cubiertas metálicas del equipo. El único camino seguro es usar un conductor de tierra dentro de la canalización para conductores. Un conductor de tierra no es efectivo para eliminar la corriente de cortocircuito y enviarla fuera del conducto.

Puesto que la resistencia a tierra es tan variable, según las condiciones del suelo, clase, humedad y temperatura del terreno, profundidad de enterramiento y superficie de los electrodos; es importante que las mediciones de resistencia a tierra se realicen y registren al principio y periódicamente después.

2.5.7.- Corrección del factor de potencia. Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores, necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad. El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se anula con el uso de capacitores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente lo que técnicamente se denomina *compensación*.

Después de una compensación la intensidad de corriente en los conductores se reduce, por lo que se reducen las pérdidas en éstos. Así se ahorran los costos por consumo de potencia reactiva facturada por las centrales eléctricas. Con la compensación se mejora el factor de potencia.

Un bajo factor de potencia implica un aumento de la potencia aparente y por lo tanto un aumento de las pérdidas eléctricas en el sistema, es decir, indica una eficiencia eléctrica baja, lo cual siempre es costoso.

Algunos efectos de un bajo factor de potencia, entre los que han sido mencionados, son:

- Aumento del costo a la empresa eléctrica para suministrar la potencia activa, porque tiene que ser transmitida más corriente, y este costo más alto se le cobra directamente al consumidor por medio de cláusulas del factor de potencia incluidas en las tarifas.
- Sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución dentro de la misma edificación, así como también las caídas de voltaje y pérdidas de potencia son mayores.

Corregir el factor de potencia dentro de los parámetros permitidos da como consecuencia:

- Un menor costo de la energía eléctrica. Al mejorar el factor de potencia no se tiene que pagar penalizaciones por mantener un bajo factor de potencia.
- Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente circulaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y conductores eléctricos.
- Mejoramiento de la calidad de la energía. Un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas de distribución y generadores.
- Aumento de la vida útil de las instalaciones. Un buen factor de potencia permite optimizar técnico y económicamente una instalación. Evita el sobredimensionamiento de algunos equipos y mejora su utilización.

CAPÍTULO 3

NORMATIVIDAD ELÉCTRICA EN EDIFICIOS COMERCIALES

3.1.- Generalidades

La normalización¹, en la actualidad, ocupa un lugar muy importante en la mayoría de las actividades de desarrollo humano, en el campo del sector privado es un respaldo efectivo al promover el establecimiento de estándares internacionales de calidad; en el sector público proporciona al estado suficientes instrumentos de control en las políticas relacionadas con la economía, producción y particularmente con el sector de los consumidores.

La *normalización* es el proceso de formulación, elaboración, aplicación y mejoramiento de las normas existentes que se utilizan en las diversas actividades económicas, comerciales, industriales o científicas, con el objeto de ordenarlas y mejorarlas. La normalización agrupa todos los criterios de índole general en base a los cuales deben ser proyectadas, construidas y ensayadas las instalaciones, los aparatos o los materiales a fin de garantizar la eficiencia técnica y la seguridad de funcionamiento.

En la normalización se establecen e implementan reglas utilizadas en la construcción de los sistemas eléctricos y electrónicos de los edificios comerciales para lograr la optimización de los recursos e incrementar la eficiencia energética en las edificaciones; cumpliendo con los requisitos de calidad en su construcción y de seguridad para sus habitantes. En la normalización se emplean los documentos elaborados por las entidades a nivel internacional o nacional y que

¹ ANEXO 3. Historia de las Normas Eléctricas.

pueden ser de estricto cumplimiento. Estos documentos o normas se forman por un conjunto de reglas, disposiciones y requisitos de normalización.

Los principales objetivos de la normalización son la especificación, la simplificación y la unificación:

a) Elaboración de normas técnicas. Son documentos de carácter técnico en el cual se establece un conjunto de reglas, procedimientos, disposiciones y requisitos, para los productos, los procesos y servicios, que es de estricto cumplimiento para las organizaciones, empresas y entidades.

Las normas técnicas dictan especificaciones de calidad de un producto, que pueden ser adoptadas por un fabricante en la medida que ésta le sirva para mejorar las características y garantizar la homogeneidad de sus productos. También son utilizadas por los consumidores para examinar y juzgar si un producto reúne las condiciones necesarias para satisfacer las exigencias de calidad.

b) La simplificación. Consistente en la reducción de una cantidad de variedades de un mismo producto o actividades genéricas, sin modificar sus especificaciones originales, de tal manera que se satisfaga las mismas necesidades del mercado con el número de variedades resultantes por este proceso.

c) Unificación y tipificación. Mediante la unificación y tipificación se reúnen varias especificaciones con el objeto de adoptar un mismo sistema para un ámbito determinado, para que los productos resultantes por este proceso sean el reemplazo de los ya existentes. Con esto se desea optimizar materiales en los diseños y procesos productivos; y, dimensionar correctamente los instrumentos de trabajo como la maquinaria y equipo.

3.1.1.- La normalización en el Ecuador. El *INEN*² es la entidad encargada de la normalización técnica, la verificación del cumplimiento de las *Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN*, el desarrollo de los sistemas de la calidad de las empresas nacionales, la certificación de la calidad de conformidad con norma o reglamento técnico de los productos nacionales e importados, entre otros.

Para el año 2008 en el INEN puede adquirirse la primera edición del Código Eléctrico Nacional o *Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 019*, el cual se fundamenta principalmente en el *National Electrical Code – NEC* de Estados Unidos de América y en la *Norma Técnica Colombiana ICONTEC – NTC 2050*.

El *National Electrical Code - NEC, ANSI/NFPA-70* publicado por la *National Fire Protection Agency - NFPA*, facilita los estándares de seguridad eléctrica para proteger a personas y a bienes muebles e inmuebles de fuego y riesgos eléctricos. El NEC es un código de práctica, no un código de productos, que fortalece la infraestructura de seguridad en las edificaciones. Este código es la base de todos los códigos eléctricos en los Estados Unidos de América y muchos países latinoamericanos como Venezuela, Colombia, Costa Rica, México, Panamá, Puerto Rico y Ecuador.

El código CPE INEN 019 aporta con prácticas contra riesgos potenciales eléctricos a la gente y la propiedad, y se enfoca en las instalaciones de sistemas y equipos eléctricos, abarcando la instalación de conductores, equipos y materiales eléctricos en edificios comerciales y otros.

A nivel local, las empresas distribuidoras de energía eléctrica, y entre estas la Empresa Eléctrica Quito – EEQ S.A. como una de las más importantes, tienen como referencia el código nacional (*CPE INEN 019*) y las normas establecidas por entidades como: ANSI, ASA, ASTM, EEI, IEC, IPCEA, IRAM, NEMA, UL.

La EEQ S.A. tiene como objetivo instituir técnicas de orden teórico – práctico que regulen en forma estándar los sistemas de distribución, en las fases de

² ANEXO 1. Organismos de Normalización.

diseño y construcción en el área de concesión de la empresa. La EEQ S.A. orienta a su personal, a los clientes, a los profesionales independientes y a las firmas especializadas en diseño y/o construcción de sistemas de distribución, en el cumplimiento de los requisitos previos y concurrentes de la gestión administrativa y técnica de las diferentes etapas de realización de los proyectos.

La *Dirección de Distribución* de la empresa es el área responsable de actualizar las *Normas para Sistemas de Distribución*, partes A y B, y el *Procedimiento para Ejecutar Proyectos de Distribución*. Se realizan dos actualizaciones por año. Las normas que rigen el sistema de distribución están contenidas en las siguientes partes:

- DD.DID.722.IN.03, Parte A: Guía para diseño de las redes de distribución.
- DD.DID.722.IN.03, Parte B: Estructuras tipo. Construcción de los sistemas de distribución.
- DD.DID.722.PRO.01: Procedimiento para ejecutar proyectos de distribución.

El contenido de las normas de la EEQ S.A.³ se encuentra orientado preferentemente hacia el diseño de las redes de distribución en áreas urbanas y rurales en las cuales se proyecten nuevos desarrollos urbanísticos que se incorporen al sistema de la empresa como parte del proceso de ampliación del área de suministro. El campo de aplicación específico de las normas se limita a aquellas instalaciones que pueden asociarse con la distribución eléctrica en áreas residenciales o comerciales, con densidades de carga bajas y medias, que constituyen los casos más frecuentes y en los cuales son aplicables soluciones comunes.

El diseño de instalaciones asociadas con áreas comerciales, industriales o de uso múltiple que, en general, pueden tener densidades de carga medias y altas y que requieren soluciones especiales, deberá ser motivo de consulta ante la EEQ S.A., la cual emitirá en cada caso las disposiciones complementarias a ser

³ ANEXO 2. Normas para las edificaciones – EEQ S. A.

consideradas por el proyectista; sin embargo, las normas tendrán entera validez, aún para estos casos especiales, en todo lo que tiene relación a criterios y recomendaciones de orden general. Las normas son de estricto cumplimiento hasta el tablero general de medidores (TGM) en una edificación comercial.

En el país, la normatividad eléctrica utilizada en las edificaciones comerciales que es de cumplimiento obligatorio es emitida, principalmente, por el INEN y las Empresas Eléctricas de cada área de concesión⁴.

3.2.- Normas tecnológicas de las edificaciones

La normalización internacional en el campo electrotécnico es competencia de la *International Electrotechnical Commission*. El *IEC* publica recomendaciones que expresan los acuerdos sobre los argumentos tratados. Estas recomendaciones facilitan el trabajo de las organizaciones nacionales en la elaboración de las normas de cada país.

La *normalización eléctrica* establece los estándares de construcción de equipos eléctricos, sus dimensiones físicas, características de diseño y operación, condiciones de seguridad, condiciones de servicio y medio ambiente, la simbología utilizada en la representación de equipos y sistemas.

En proyectos eléctricos, las normas técnicas indican desde la manera como realizar las representaciones gráficas, hasta especificar las formas de montaje y prueba a que deben someterse los equipos. Las normas fueron desarrolladas de acuerdo a las necesidades y experiencias acumuladas por los especialistas.

Cada uno de los sistemas y subsistemas eléctricos y electrónicos deben ser diseñados e implementados siguiendo las respectivas normas técnicas para que estos cumplan sus funciones eficientemente.

⁴ ANEXO 4. Áreas de Concesión de las Empresas Distribuidoras.

3.2.1.- Eficiencia energética. La calidad del servicio de energía eléctrica, la calidad de la tensión y potencia eléctrica de los edificios es un campo en donde puede obtenerse un importante ahorro de energía (*Normas IEC 61000-3-7, 61000-4-13. ANEXO 2*).

Con el fin de aumentar la eficiencia energética puede mejorarse el transporte y la distribución de electricidad; y, disponer de equipos para el control y gestión de la energía eléctrica.

El rendimiento energético depende esencialmente de las tecnologías utilizadas. Por tanto, mejorarlo significa utilizar las mejores tecnologías para consumir menos, tanto en el consumo final como en la etapa de producción de energía. Ahorrar energía implica también un cambio en el comportamiento de los consumidores.

La aplicación de la normatividad sobre la eficiencia energética de los edificios acarrea como resultados grandes beneficios para la economía y el medio ambiente (*Normas COPANT, IEEE 142, INEN NTE 036:08, NOM 017, NTC 5101. ANEXO 2*).

3.2.2.- Suministro de energía eléctrica. Las oficinas y habitaciones de los edificios, hospitales y otros, deben poseer instalaciones eléctricas que cumplan adecuadamente su función. Cada parte de la instalación eléctrica es alimentada a través de tableros de distribución y ocasionalmente un medidor de energía (*Normas IEC 60439; EEQ S. A. Parte A: Sección A-01.05. ANEXO 2*).

Los reglamentos y normas fijan la carga convencional que debe asignarse a estas partes (unidades) de la instalación. Las unidades se conectan a una barra común o a un cable de distribución. (*Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-11. ANEXO 2*).

El interruptor general de la unidad debe interrumpir todos los polos, además debe contarse con dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Los dispositivos de protección deben asegurar que no se alcancen temperaturas peligrosas debido a fallas en puntos lejanos (*Normas IEC 60724. ANEXO 2*).

Para conseguir una protección efectiva pueden subdividirse las cargas e instalar más dispositivos de protección en cada derivación (*Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-13, IEC 60947. ANEXO 2*).

Como en las instalaciones industriales, también para los edificios, el proyecto de la instalación se inicia con la clasificación de ambientes considerando las particularidades de los mismos: cuartos de baño (humedad), cocinas (gas licuado de petróleo), estacionamientos (vapores de combustibles), salas especiales (otros vapores), (*Normas NEC Art. 501. ANEXO 2*).

En los ambientes con peligro de incendio o explosión deben utilizarse dispositivos adecuados, los tomacorrientes en particular impedirán que se produzcan chispas al extraer o conectar la carga (*Normas NEC Art. 404. ANEXO 2*).

En la instalación terminada se realizarán pruebas que permitan verificar su correcta ejecución (*Normas IEC 60364-6. ANEXO 2*).

Las diferencias de tensión entre vacío y plena carga de los circuitos deben satisfacer los requisitos de normas. Estos valores se determinan suponiendo tensión constante en el punto de alimentación para los circuitos de iluminación y para los restantes (*Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-11. ANEXO 2*).

Debido a la elevada demanda de potencia que se presenta en los edificios modernos, la necesidad de instalar una o más cámaras o centros de transformación de media tensión a baja tensión es más frecuente (*Normas INEN 29.180. ANEXO 2*).

Es conveniente restringir el acceso a los transformadores y centros de transformación (*Normas EEQ S. A. Parte A: Secciones 14 y 20. ANEXO 2*).

3.2.3.- Distribución eléctrica en un edificio. La representación de los elementos de las redes de distribución en planos y diagramas unifilares están normalizadas (*Normas CEN EN 60617. DIN 40900. EEQ S. A. Parte A: Sección A-03. INEN 29.020. IRAM 2010. ANEXO 2*).

La distribución puede ser realizada a través de una red aérea o subterránea (*Normas Empresa Eléctrica Quito S. A. Parte B: Sección B-70. ANEXO 2*).

La canalización para la acometida eléctrica de media tensión, realizada mediante una red aérea, es metálica, pintada de color rojo hasta el centro de transformación. La red de baja tensión que parte desde el centro de transformación hacia los tableros (TDP, TTA, TGM) se instala en canalización metálica pintada de color verde (*Normas IEC 60614. INEN NTE 0440:84. ANEXO 2*).

Un medio común de canalización de los conductores son tuberías de PVC o metálicas (comúnmente de acero galvanizado). Básicamente las dimensiones de las canalizaciones se definen de acuerdo a la cantidad y sección de los conductores usados (*Normas NEC Art. 358. ANEXO 2*).

La estructura de los tableros de distribución es metálica, láminas de 1/16" como mínimo, y en su interior contienen las barras de cobre, disyuntores, aisladores y demás accesorios. Los elementos de protección y disyuntores sobrepuestos van montados sobre una base que se instala en los tableros de distribución (*Normas DIN. IEC. NEC Art. 312. ANEXO 2*).

Las cubiertas y tapas metálicas de los tableros de distribución sujetas a la estructura serán removibles. El tablero estará protegido contra contactos accidentales, así como contra la penetración de cuerpos extraños en su interior (*Normas IEC 60529. ANEXO 2*).

Las derivaciones de las barras a los disyuntores se harán con barras o conductores de cobre provistos de conectadores y piezas terminales, según la capacidad de corriente del elemento de protección (*Normas IEC 947. ANEXO 2*).

Junto a los tableros no se instalarán equipos o materiales que sean fácilmente combustibles. La barra del neutro estará ubicada en un lugar accesible dentro del tablero donde se permita revisar fácilmente todas las conexiones (*Normas IEC 60439. ANEXO 2*).

Para alimentar las cargas eléctricas con características especiales se instalará un tablero de distribución de energía regulada, con elementos y accesorios para su utilización; este tablero será alimentado por un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS). Los tomacorrientes y accesorios serán de color naranja (*Normas IEC 60146, 60364-3, 60883, 60884. IRAM 2006. ANEXO 2*).

La posición del neutro respecto a tierra, aguas abajo del UPS, puede ser distinta de la del neutro de la instalación que alimenta al UPS.

Los circuitos alimentadores reparten la energía desde el TDP a los distintos centros de carga de cada uno de los sectores del edificio. Los conductores se instalan por tubería con sus correspondientes accesorios de conexión.

Los conductores eléctricos deben tener señalados en forma indeleble en la superficie del aislamiento del conductor la siguiente información: nombre del fabricante, tipo de conductor, sección en mm² ó AWG, tensión nominal en voltios (*Normas IEC 60227. NEC Art. 215. ANEXO 2*).

Para el cálculo de los conductores debe considerarse una caída de voltaje menor al 3% del voltaje nominal (*Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-11.07. NEC Cap. 3. ANEXO 2*).

Se usan diferentes colores para cada fase (negro, azul o rojo) y se reserva el color blanco para el conductor neutro y el color verde ó verde – amarillo para los conductores de tierra.

3.2.4.- Utilización de la energía eléctrica. Aplicar estándares de calidad en el diseño y construcción de sistemas eléctricos permitirían una reducción muy significativa de las perturbaciones en la red eléctrica (*Normas ANSI C84.1. IEC 61000. ANEXO 2*).

- Ruidos e Impulsos Eléctricos (*Normas NEC Art. 647.3. VDE 0875. ANEXO 2*).
- Fluctuaciones de tensión e interrupciones del suministro (*Normas IRAM 2492-3, IRAM 62492. ANEXO 2*).

- Flicker (*Normas IEC 61000 – 4 – 15. ANEXO 2*).
- Distorsión armónica (*Normas IEC 61000-4-7. IEEE 519. ANEXO 2*).
- Transitorios (*Normas IRAM 63816. NEC Art. 285. ANEXO 2*).
- Compatibilidad Electromagnética (*Normas CEN EN 50081-2, EN 50082-2. DIN EN VDE 61000-6-2. IEC 1000-4-3, IEC 60050-161. IRAM 2491. VDE 0838. ANEXO 2*).

3.2.5.- Protecciones eléctricas. Toda instalación eléctrica debe contemplar mínimas medidas de protección contra fallas eléctricas:

a) De cumplimiento obligatorio:

- Protección contra fallas a tierra.
- Protección contra contactos directos.
- Protección contra contactos indirectos.
- Protección contra sobre-intensidad de corriente (sobrecargas y/o cortocircuitos).

b) Recomendables:

- Protección contra sobretensiones transitorias (descargas atmosféricas, maniobras eléctricas, entre otras).
- Protecciones contra sobretensiones permanentes (interrupción del conductor neutro).
- Protección contra subtensiones.

Para realizar instalaciones eléctricas en baja tensión se disponen de un gran número de elementos de maniobra (*Normas IEC 947. IRAM 2181. ANEXO 2*).

Para la selección de los elementos se considera básicamente las siguientes variables:

- Tensión nominal.
- Corriente nominal.
- Corriente de cortocircuito.
- Categoría de servicio (AC1, AC2, AC3, AC4).

- Grado de protección IP.
- Tensiones de comando.
- Tipo de montaje.
- Temperatura de trabajo.

De acuerdo a las protecciones para instalaciones eléctricas en edificaciones comerciales, se observa las siguientes disposiciones complementarias:

a) Descargas eléctricas. Se emplean principalmente protecciones como: puesta a tierra de las masas y relés de control de aislamiento, que pueden ser interruptores diferenciales, para redes con neutro a tierra; y relés de aislamiento, para redes con neutro aislado (*Normas ANSI C63.16. CEN EN 60617-7-1996. IEC 479, 60255, 60265, 60269, 60364-4. IRAM 2370. VDE 0106-1. ANEXO 2*).

b) Cortocircuitos. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas (termomagnéticos) y los interruptores automáticos (PIA, pequeño interruptor automático).

Si el conductor neutro tiene la misma sección que las fases, la protección contra sobrecargas se hará con un dispositivo que proteja solamente las fases, por el contrario si la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases, el dispositivo de protección habrá de controlar también la corriente del neutro. Además debe colocarse una protección para cada circuito derivado de otro principal (*Normas IEC 781, 909, 60947. DIN 43880. ANEXO 2*).

c) Sobre-intensidad de corriente. Todos los circuitos deberán estar protegidos contra sobre-intensidad de corriente mediante la instalación de interruptores automáticos. La protección de sobre-intensidad de corriente deberá estar de acuerdo a la capacidad de los conductores y los requerimientos de la carga.

Ningún dispositivo de sobre-intensidad de corriente será colocado en un conductor conectado a tierra permanentemente (*Normas IEC 898, 60898, 61009. IRAM 2169. NEC Art. 240, 430. ANEXO 2*).

Los dispositivos de protección de sobre-intensidad de corriente deberán ser de fácil acceso, identificados claramente, protegidos a daños físicos, alejados de materiales inflamables, y deberán estar localizados de modo que su operación no exponga a las personas a sufrir daños debido a efectos de arco o a partes que se muevan repentinamente (*Normas CEN EN 60617. ANEXO 2*).

d) Contactos directos e indirectos. La protección de personas a contactos directos, con elementos con energía, está asegurada cuando el componente se instala con recubrimiento y aislamiento (envolventes) de partes activas, con el empotramiento y alojamiento de elementos en tableros de uso específico y utilización de canalización y componentes de conexión adecuados.

Las normas que rigen la protección de personas son la *IEC 60364-41* para la instalación, la *IEC 60349* para los conjuntos de serie o derivados de serie y el grado de protección de las envolventes será mínimo IP 2xx ó IP xxB (*Normas CEN EN 60034-5. IEC 60529, 61643-1, 62305. IEEE C62.41.2-2002. ANEXO 2*).

La protección contra los contactos indirectos se realiza mediante la interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas, además de la instalación de interruptores diferenciales (*equipotencialidad*). La elección del dispositivo de protección depende de los esquemas de conexión del neutro a tierra.

La seguridad también puede obtenerse empleando otros métodos (transformador de aislamiento, clase II) generalmente no aplicables en instalaciones que incluyen UPS. Esquemas de conexión de neutro a tierra (*Normas IEC 60364-3. ANEXO 2*).

e) Descargas atmosféricas. Un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas no puede impedir la formación de rayos. Además, tal sistema no garantiza en forma absoluta la protección de la vida, bienes y estructura, pero si reducirá en forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo (*Normas IEC 1312-1. IRAM 2184, 2226, 2426, 2428. VDE 0675-6. ANEXO 2*).

Un *sistema de protección contra el rayo (SPCR)* es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo; comprende un dispositivo captor (terminal aéreo), las bajadas y un sistema de puesta a tierra, además de todos los dispositivos complementarios al anterior con el objeto de reducir los efectos electromagnéticos (voltajes inducidos) de la corriente de rayo dentro del espacio a proteger.

La normativa que regula los sistemas de protección contra descargas de rayo están definidos en la normativa *IEC 1.024 – 1/03.90 (ENV 61.024-1)* “Protection of structures against lightning. General principles”. La norma *DIN VDE 0185 parte 1/11.82* “Instalación de protección contra rayos: Generalidades sobre la instalación”; *parte 100/Proyecto 10.87* “Normas para la protección contra rayos en edificios. Principios fundamentales”. La norma *DIN 48 810/08.86* “Instalación de protección contra rayos. Elementos y piezas de unión y vías de chispas de separación. Exigencias, pruebas”. La norma *DIN VDE 0100, parte 410/11.83* “Construcción de instalaciones de corriente de alta intensidad con tensiones nominales de hasta 1000 V. Medidas de protección, protección contra corrientes peligrosas a través del cuerpo”.

f) Sistemas de puesta a tierra. La puesta a tierra de servicio corresponde a un método de protección contra elevaciones de tensión producidas por fallas en el sistema de distribución (corte del neutro en el tendido eléctrico). La tierra de servicio consiste básicamente en conectar a tierra el neutro de la instalación eléctrica, comúnmente en el punto de empalme, mediante un electrodo de cobre ó un enmallado (*Normas ANSI/EIA/TIA 607. IEC 60364-3. IRAM 2281, 2314, 2315. NEC Art. 250, 545.12. VDE 0413-5. ANEXO 2*).

La puesta a tierra de protección se refiere a la protección de las personas contra contactos indirectos. Este sistema consiste en conectar a tierra todos los elementos conductores (carcasas) de los equipos que, bajo condiciones normales, no deberían presentar tensiones de contacto peligrosas (*Normas VDE 0470-1. ANEXO 2*).

Todo sistema eléctrico estará debidamente puesto a tierra. Todas las canalizaciones y cubiertas metálicas deberán ser puestas a tierra.

La puesta a tierra se cumplirá mediante varillas COPPERWELD enterradas donde se conectarán los conductores de la red de tierra, de un diámetro de 5/8" y una longitud de 6' (1,80 m). El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno a fin de obtener un valor de resistencia de puesta a tierra de 10Ω para instalaciones aéreas y 5Ω para instalaciones subterráneas (*Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-12.10. ANEXO 2*).

Cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el sistema de tierra, deberá utilizarse sustancias químicas adecuadas.

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección.

Las conexiones de los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillo de sujeción u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre estos.

Se instalarán conductores de protección acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la edificación hasta los puntos de utilización.

CAPÍTULO 4

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE REDES ELÉCTRICAS

En los edificios comerciales, de oficinas, e inclusive en los de uso residencial, existen varios subsistemas que deben ser tratados adecuadamente para el óptimo desarrollo de sus funciones. Aspectos como la seguridad, el confort o el ahorro energético dependen de los métodos de supervisión y gestión de estos sistemas. Con un sistema de supervisión de la red eléctrica se desea mejorar la utilización de la energía.

Los sistemas de gestión técnica de los edificios integran las diferentes instalaciones presentes en las edificaciones en un único sistema. El objetivo es permitir la automatización, supervisión y control de cada una de dichas instalaciones, posibilitando su operación y el intercambio de información.

Con la supervisión y control de las redes eléctricas se busca mantener o mejorar, técnica y económicamente, la eficiencia en el sistema eléctrico. La *eficiencia técnica* se fundamenta en el aumento del tiempo de operación de la carga y en la maximización del desempeño en los equipos. Para este caso la *eficiencia económica* se obtiene por la minimización de costos de distribución de la energía.

La medición de variables eléctricas facilita el uso de la información para investigar el comportamiento energético en las edificaciones y tomar decisiones enfocadas al uso eficiente de la energía. El monitoreo periódico del consumo de energía y las variables eléctricas conllevan a un mejor control y gestión del recurso energético, lográndose la optimización y ahorro de recursos.

4.1.- Procedimientos de medición de variables eléctricas

La calidad de la energía se aborda desde la temática siguiente:

- a) En los sistemas de medición se genera información sobre la calidad de la energía.
- b) En los centros de control se procesa la información y se obtienen patrones de comportamiento, y eventualmente se generan acciones de control.
- c) Uso de equipos y dispositivos en los circuitos eléctricos para la previsión de fallos.

Para determinar los patrones de uso de energía y la calidad de la misma en un edificio o parte de él, se emplea equipos automáticos específicos para la medición de las variables eléctricas.

Para realizar estas mediciones pueden emplearse métodos *estacionarios*, es decir cuando existen instrumentos de medición permanentes o fijos; ó métodos *temporales*, cuando se utilizan instrumentos de medición manuales o portátiles. Con el aprovechamiento de estos métodos y la evaluación¹, general y/o parcial, de un sistema eléctrico se determinará la forma de uso de la energía y las fallas que puedan presentar los elementos que conforman una instalación eléctrica. Asimismo, se localizarán posibles perturbaciones relacionadas con los parámetros eléctricos y lo que implica la calidad de la energía eléctrica.

Con el análisis de todos los sistemas podrán determinarse los principales focos de pérdidas y plantear las alternativas para optimizar el uso del recurso energético.

Como parte fundamental para la evaluación de un sistema eléctrico, se estudia el comportamiento de las variables del sistema basándose en sus

¹ Glosario de términos: Auditoría Energética.

características nominales de operación. Adicionalmente, se evalúa el estado y las características de sistemas y equipos siguientes:

- Transformadores.
- Motores (elevadores, bombas, ventiladores, compresores).
- Sistema de iluminación.
- Compensadores de energía reactiva.
- Prueba de aislamiento en equipos eléctricos.
- Análisis de pérdidas en redes y conductores (sistema de distribución eléctrica).
- Especiales (hornos y otros).

Los equipos y medios con los que se cuenta en la actualidad para llevar a cabo las mediciones de variables eléctricas en sistemas eléctricos, son:

- 1. Analizadores de energía y fallos de redes.** Permiten medir valores eléctricos en redes de corriente continua, así como en redes de corriente alterna en cualquier condición de carga; registran las corrientes de línea y las tensiones entre líneas, tienen la capacidad de almacenar registros continuos en el tiempo para medir variables como: voltaje, voltaje promedio entre líneas (máximos y mínimos), corriente, corriente promedio de líneas (máximas y mínimas), frecuencia, factor de potencia promedio y por fase, distorsión armónica de tensión y corriente, potencias activa, reactiva y aparente, total y por fase.
- 2. Luxómetro².** Requerido para medir el nivel de iluminación en un área específica.
- 3. Voltímetros y Amperímetros.** Con los que se obtienen valores de tensión y corriente, respectivamente.

² Norma VDE 0100.

4. Programas informáticos. Desarrollados para la evaluación y análisis de redes eléctricas, calidad de energía e iluminación, flujo de armónicos y otros.

5. Regulación. Normas y estándares técnicos asociados con el tema.

4.2.- Monitoreo y control de variables eléctricas

La instrumentación adecuada permite el monitoreo y registro de aspectos como continuidad del servicio y el seguimiento de la calidad de suministro en las líneas eléctricas.

La gestión remota permite integrar toda la información relativa a la instalación de acuerdo a los criterios de análisis y diagnóstico.

La visualización de la información de la instalación en tiempo real y de manera continua, por ejemplo: estados de los aparatos, datos históricos, alarmas y otros; es importante para identificar los inconvenientes de la instalación y realizar un eficiente mantenimiento preventivo.

Realizar el monitoreo y control de las variables eléctricas aporta con los siguientes beneficios:

a) Conocimiento del estado de la instalación.

- Posición de interruptores.
- Actuación de protecciones.
- Detección y localización de defectos.

b) Actuación y maniobras según las necesidades.

- Reconfiguración de la red.
- Restablecimiento del servicio.
- Estado de cargas de la red.

c) Integración del sistema eléctrico dentro del sistema de control total del edificio.

- Registro de eventos y alarmas.
- Gráficos de medidas.
- Históricos y datos estadísticos.
- Informe de resultados.

d) Control total de la red a través del sistema.

- Análisis de la energía recibida.
- Gestión de la energía por líneas de distribución.
- Consumos en los centros de carga.
- Consumos por líneas en BT.

e) Estado de las instalaciones eléctricas.

- Mantenimiento preventivo.
- Planificación de revisiones.

4.2.1.- Registro de parámetros eléctricos. La calidad de suministro eléctrico abarca los parámetros relativos a la evolución de la tensión entregada a los clientes. Estos parámetros (amplitud de tensión, flicker, armónicos, variaciones, entre otros) describen la onda de tensión y dan una información muy importante acerca de la calidad de red.

Una deficiente calidad del suministro eléctrico puede afectar de forma muy diversa, a las instalaciones eléctricas, pudiendo llegar a causar importantes problemas en la instalación y en los equipos eléctricos conectados.

Actualmente existen toda una serie de normas y reglas que definen no solo unos niveles mínimos de calidad de suministro eléctrico, sino como medir y registrar estos parámetros³.

³ Normas CEN - EN 50160 o IEC 61000-4-30.

Un método para conocer los lugares en donde puede ahorrarse energía es registrando el comportamiento de variables eléctricas en un área de la instalación o en un elemento importante de la misma.

Una vez analizados estos registros es posible determinar alguna acción preventiva o correctiva la cual permita disminuir el consumo de energía y por consiguiente ahorrar recursos; estas acciones pueden ser desde cambiar el patrón de funcionamiento de un área de la instalación hasta la sustitución de elementos del sistema.

Los equipos actuales para la medición de variables eléctricas están provistos de interfaces de comunicación para computadora (PC), proporcionando la capacidad de procesar los datos obtenidos.

4.2.2.- Medios de comunicación. En una instalación, la interfaz de comunicación sirve de enlace entre los aparatos y la computadora. La interfaz tiene por función adaptar el protocolo y el enlace físico. Esta adaptación es necesaria, ya que la comunicación a nivel de las computadoras, Modbus a través de RS-232 y/o Ethernet, generalmente no corresponden con los estados físicos que se encuentran en los aparatos; por ejemplo: protocolo Modbus a través de RS-485.

Por medio del software correspondiente el usuario no solo puede configurar el equipo de forma local o remota (RS-232, RS-485, Módem RTC, GSM, Ethernet), sino que además visualizará en tiempo real la información de los parámetros que mide el equipo y descargarla de forma automática. Los equipos disponen de puertos que permiten varias combinaciones para establecer comunicaciones como RS-232 / RS-485 ó GSM / RS-232.

a) Comunicación RS-232. Conexión directa con el equipo en distancias reducidas.

- **Convertor RS-232 – 485.** Transforma la señal RS-485 (equipo) a RS-232 (PC). Para aplicaciones donde el equipo y la PC se encuentren separados por una gran distancia (alrededor de 1200 m).

- **Conversor RS-232 / 485 – Ethernet.** Convierte una señal RS-232 o RS-485 a Ethernet. Para aplicaciones en las que se dispone de una red Ethernet (Base 10/100) y no se dispone de un bus de comunicaciones serie RS-232 o RS-485.

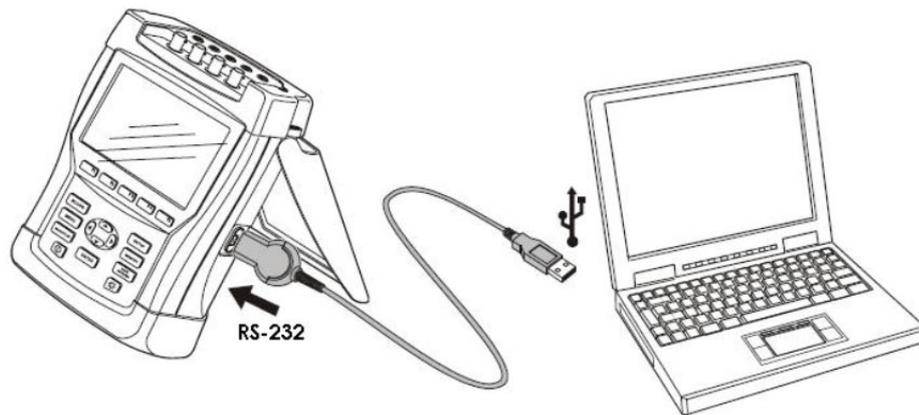


Figura. 4.1. Comunicación RS-232 entre un analizador de red y PC.

b) Comunicación RS-485. Permite conectar el equipo dentro de una red multipunto interna con más periféricos asociados, gestionándose todo desde un único computador.

- **Amplificador de señal RS-485.** Permite prolongar el bus de comunicaciones (1200 metros más) y aumentar en 32 equipos la red de dispositivos.
- **Conversor USB a RS-232 ó RS-485.** Para computadoras que no disponen de puertos serie.

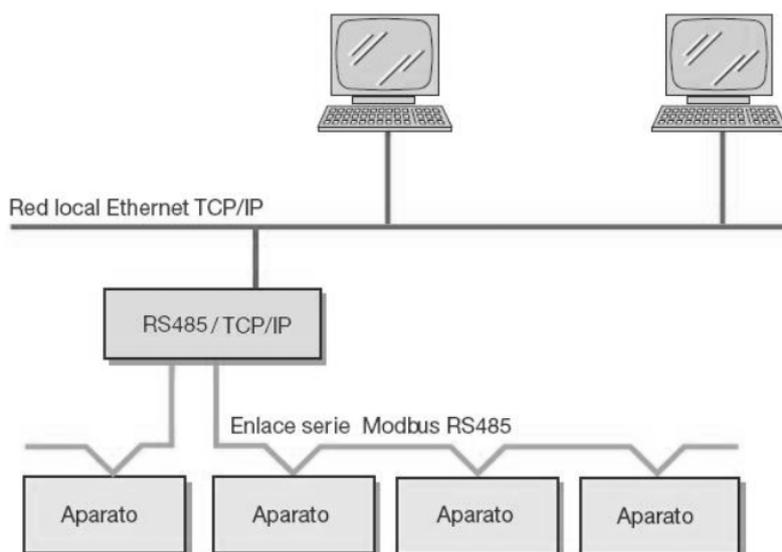


Figura. 4.2. Comunicación RS-485.

c) Comunicación GSM / GPRS. Un usuario de GSM puede conectarse a través de un teléfono móvil con su computadora para navegar por Internet, acceder a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos.

Este tipo de comunicaciones son para aquellas instalaciones de difícil acceso ya que evitan hacer un cableado desde el equipo hasta una computadora. Para comunicarse vía GPRS solo es necesario indicarle al equipo la dirección de Internet donde se desea descargar la información, a una velocidad elevada y de forma más económica.

- **Módem GSM 900 / 1800.** Estación base GSM, para la comunicación en puntos en los que no se dispone de línea analógica. Los analizadores de red tipo GSM llevan incorporados un módem GSM en el interior, lo cual reduce el espacio necesario para la instalación del equipo y aumenta el grado de protección eléctrica del módem, ya que éste queda protegido por el propio equipo.

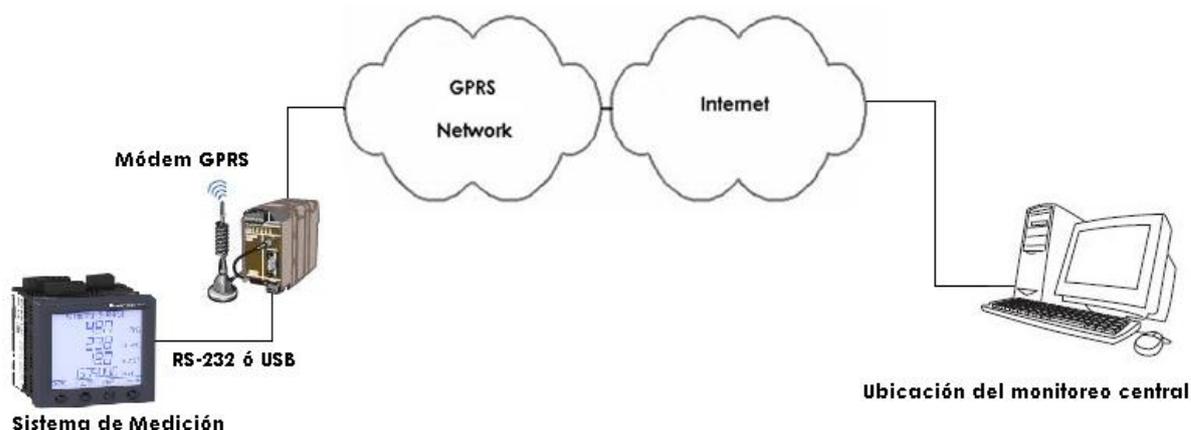


Figura. 4.3. Aplicación en una red GPRS.

4.3.- Centrales de medición para sistemas eléctricos

4.3.1.- Monitor de circuitos. Un monitor de circuitos⁴ es un equipo multifunción, de instrumentación digital, adquisición de datos y control, capaz de almacenar datos en memoria y reemplazar una gran variedad de dispositivos, medidores y otros componentes. El monitor de circuitos es un medidor de valores eficaces verdaderos hasta la armónica número 63. Mediante una técnica de muestreo realiza mediciones de alta precisión aún en presencia de cargas no lineales y fuertes perturbaciones en la red.

El monitor de circuitos está equipado con comunicaciones para su integración a un sistema de monitoreo y control de potencia (RS-485, RS-232, Ethernet). Están diseñados para aplicaciones de monitoreo y control de energía eléctrica, registro de datos, gestión de alarmas, análisis de forma de onda y registro de perturbaciones.

Las perturbaciones de tensión momentáneas constituyen un motivo de preocupación en aumento para fábricas, hospitales, centros de datos y otras instalaciones comerciales porque los modernos equipos que se utilizan en esas instalaciones suelen ser más sensibles a las subidas, bajadas e interrupciones

⁴ Norma IEC 687.

momentáneas de tensión. El monitor de circuitos (*circuit monitor*) puede detectar estos eventos supervisando y registrando continuamente la información de intensidad y tensión en todos los canales medidos. Utilizando esta información pueden diagnosticarse problemas en los equipos producidos por subidas o bajadas de tensión e identificar áreas de vulnerabilidad, lo que permite tomar medidas correctivas.

En la Figura 4.4 se muestran las terminales de un monitor de circuitos. Todas las entradas y salidas del monitor tienen un número de referencia y una etiqueta que corresponde a la posición de esa entrada o salida específica. El número de referencia se utiliza para controlar manualmente la entrada o salida con la interfaz de comandos.

La etiqueta es el identificador predeterminado que identifica esa misma entrada o salida.

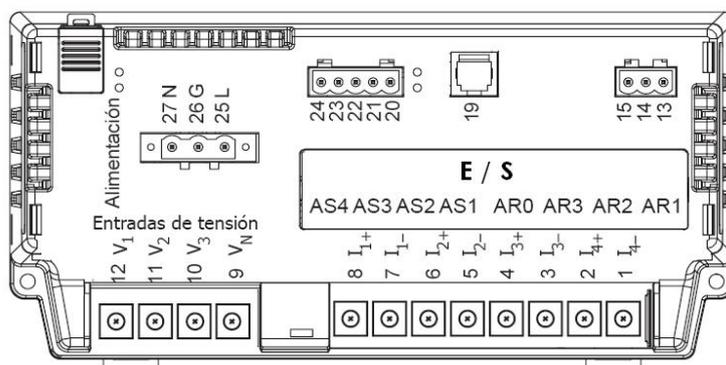


Figura. 4.4. Identificación de las terminales del monitor de circuitos.

4.3.2.- Central de medida. Una central de medida⁵ (*power meter*) es un medidor multifunción para aplicaciones básicas de monitoreo de potencia. Es un instrumento electrónico que reemplaza a una gama completa de instrumentos analógicos convencionales, tales como amperímetros, voltímetros y medidores de energía reactiva.

⁵ Norma IEC 61000-4, IEC 61036, IEC 61268.

Estos medidores tienen incorporados puertos para comunicación que permiten registrar los parámetros eléctricos y sus formas de onda y el espectro de armónicos en tensión e intensidad de corriente en memoria.

a) Características principales:

La central de medida PM500 (*MERLIN GERIN*) proporciona las medidas necesarias para el control de las instalaciones eléctricas de baja tensión (monofásicas o trifásicas) o de media tensión. La central realiza las medidas, en verdadero valor eficaz, de la energía y la tasa de distorsión armónica (THD) en intensidades y en tensión.

1. Voltaje de entrada directa: hasta 400 VAC
F-F o 350 VDC +/- 10%.
2. Frecuencia: 50/60 Hz.
3. Clase de precisión: 0,5% para tensiones y corrientes; 1% para potencias y energías, basado en un muestreo hasta el armónico número 31.
4. Corriente primaria: Con TI (transformador de corriente); salida 1 ó 5 A.
5. Módulo Modbus RS485: Modbus RTU, configuración a 2 hilos hasta 38400 Baudios. Configuración de paridad (par, impar, sin paridad). Resistencia de 120 Ohm incluida para fin de línea.
6. Módulo IO11: una entrada de pulso digital (10 a 30 VDC) para sincronización de demanda o para monitoreo de un interruptor. Una salida de pulsos digital para reporte de energía tipo relé (0,5 A máx. a 100 VDC).
7. Módulo de alarma IO22: dos entradas digitales (10 a 30 VDC) para monitoreo de un interruptor, contador de impulsos. Dos salidas digitales para comando de módulo COM. Para reporte de alarmas como: alto y bajo umbral de I, U, P_{total} , Q_{total} , S_{total} , Frecuencia, alto umbral de THDI, THDU, bajo umbral de FP_{total} , histéresis y retraso ajustable. Para señalar umbrales de valores min/máx. de 10 parámetros.
8. Módulo AO20 4-20 mA: dos salidas análogas 4-20 mA ó 0-20 mA, 0 a 600 Ohm de carga. Todos los parámetros medidos pueden ser "seteados" a las salidas análogas.

En la Figura 4.5 se dispone del diagrama de conexionado de una central de medida (PM500) para una red trifásica a cuatro hilos. La sub-medición de corriente se realiza a través de tres transformadores (de corriente).

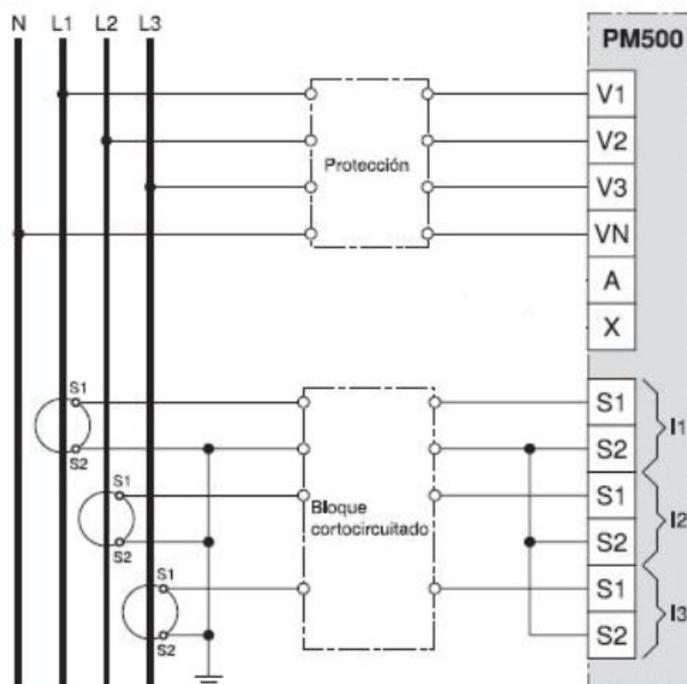


Figura. 4.5. Red trifásica desequilibrada a 4 hilos.

4.3.3.- Analizadores de red. Los analizadores de calidad eléctrica trifásicos ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución e instalaciones eléctricas trifásicas mediante el análisis de todos los parámetros y eventos relacionados con la energía o anomalías eléctricas. Estos instrumentos portátiles cuentan con numerosas funciones para determinar la presencia de problemas en las redes.

a) Características principales:

Un analizador trifásico de calidad eléctrica (*Fluke 434/435*) proporciona una serie de funciones para la comprobación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras sirven para examinar detalles específicos.

El analizador dispone de funciones adicionales, como transmisión de señales, registro, precisión de entrada de tensión de 0,1% conforme a la norma *IEC 61000-4-30, 2003, Clase A*; memoria adicional para almacenar datos de registro, software de registro de potencia y pinzas amperimétricas flexibles.

La supervisión de la calidad eléctrica a través de estos sistemas de monitoreo (*system monitor*) se muestra gráficamente en una pantalla en la cual puede comprobarse si los parámetros básicos de calidad eléctrica se ajustan a los requisitos. Dichos parámetros incluyen:

1. Tensiones RMS.
2. Armónicos.
3. Flicker (Parpadeo).
4. Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas.
5. Desequilibrio/Frecuencia/Transmisión de señales.

En la Figura 4.6 se muestra un diagrama de conexiones del analizador de redes orientado a observar la calidad eléctrica en una red trifásica de distribución de energía:

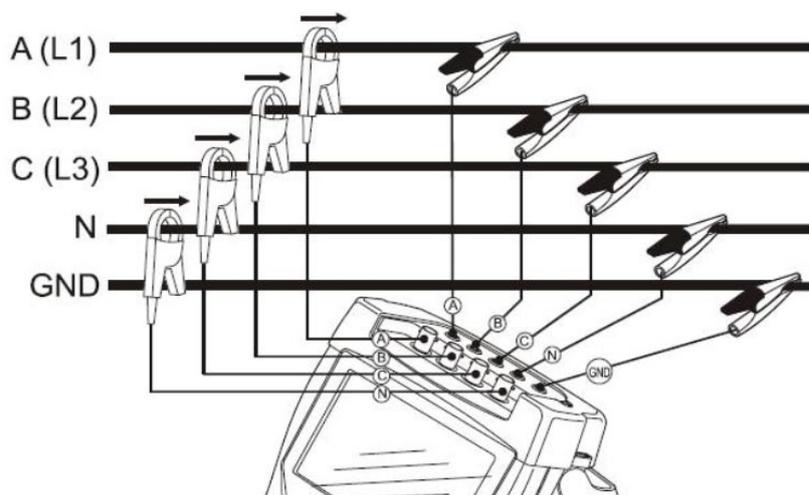


Figura. 4.6. Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN PRÁCTICA

5.1.- Evaluación del sistema eléctrico de un edificio comercial

El *sistema eléctrico de un edificio* es el conjunto de máquinas, de aparatos, de barras y de líneas que constituyen un circuito que tiene determinada tensión nominal. Para efectuar una evaluación, las instalaciones eléctricas siempre deben ser objeto de una inspección inicial previa a su puesta en servicio, o al realizar una modificación o al efectuar revisiones periódicas a intervalos preestablecidos. Durante la ejecución de estas inspecciones deben tomarse ciertas precauciones para garantizar las condiciones de seguridad correspondientes.



Figura. 5.1. Edificio comercial en evaluación.

La inspección de las instalaciones eléctricas comprende la verificación de las normas técnicas y su cumplimiento en los elementos que componen la

instalación, a través del reconocimiento de las especificaciones técnicas que presentan los materiales o del análisis de los catálogos de los fabricantes.

Entre los principales aspectos que se someten a una *evaluación eléctrica* se encuentran los siguientes:

- 1) Verificación de las características técnicas y de construcción de la acometida principal y centro de transformación.

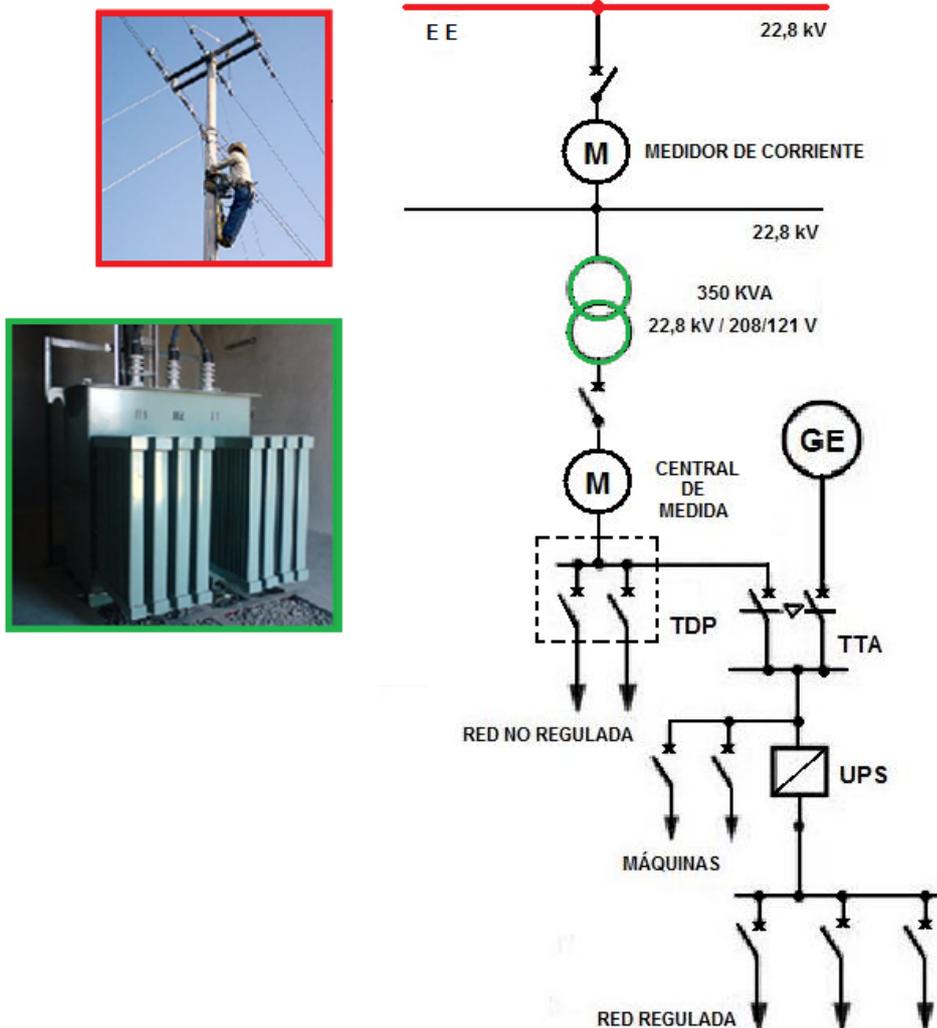


Figura. 5.2. Red de distribución de energía en el edificio.

- 2) Comprobación de la ubicación, características constructivas e inscripciones indicativas del tablero principal y tableros secundarios.

- 3) Operación mecánica correcta de los aparatos de maniobra y protección.
- 4) Acción eficaz de los enclavamientos de los aparatos de maniobra y protección.

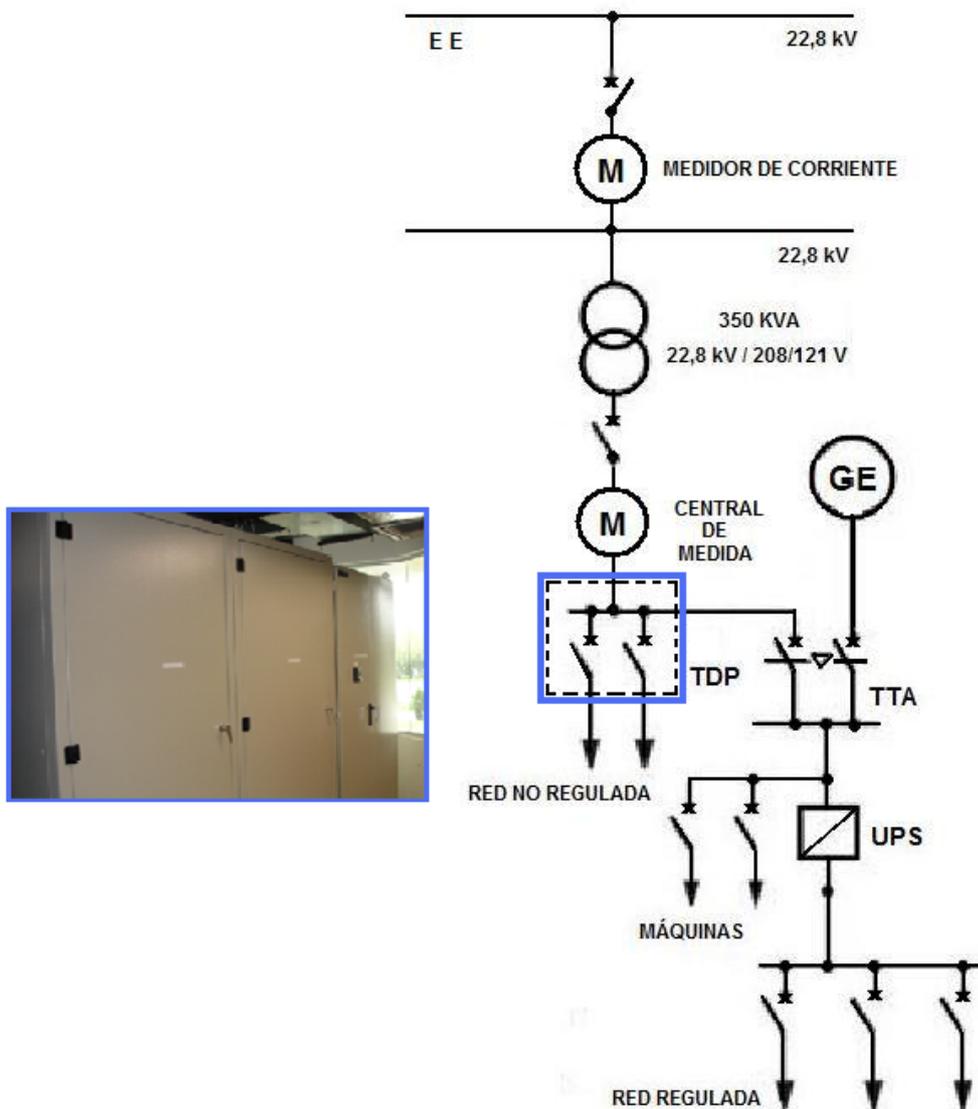


Figura. 5.3. Tablero de distribución principal del edificio.

- 5) Verificación de toda la canalización para conductores eléctricos, su instalación, ubicación y utilización apropiada de accesorios.
- 6) Correspondencia entre los colores de los conductores activos, neutro y de protección (*tierra*) con los establecidos en el *código de colores*. La reglamentación permite varios colores para los conductores de fase que no sean *verde* o *blanco*.

- 7) Comprobación de un adecuado estado de los empalmes de los conductores.
- 8) Conexión del sistema de puesta a tierra.
- 9) Existencia en los tomacorrientes del conductor de protección (borne de puesta a tierra).
- 10) Otros sistemas de protecciones, por ejemplo, a descargas atmosféricas.

Al tratarse de una edificación moderna, el edificio en estudio cuenta con un sistema eléctrico que garantiza las condiciones de seguridad de las personas que lo habitan.

5.2.- Análisis del sistema eléctrico del edificio

Cuando la edificación cumple con todos los requisitos para ser “energizado”, y principalmente, para ser habitado; la empresa eléctrica procede al suministro de energía eléctrica al edificio. El suministro eléctrico está de acuerdo a la demanda máxima de energía requerida, con lo cual, a través de la red de distribución se provee de energía eléctrica a las cargas.

A partir del estudio del sistema eléctrico del edificio, se determina que:

a.- En la edificación todos los componentes de la red de distribución cumplen con las exigencias de diseño que dictan las normas técnicas para una operación adecuada. Los tableros de distribución, tanto principal como secundarios, presentan características técnicas favorables para llevar a cabo sus funciones, siendo necesario mejorar las inscripciones indicativas.

b.- Los elementos de protección y maniobra son materiales que cuentan con certificaciones de entidades internacionales lo que garantiza su manejo y uso. Por ejemplo, el alimentador principal del edificio cumple con estándares internacionales en cuanto a su diseño, características técnicas, ubicación y utilización, como se muestra en la Figura 5.4.

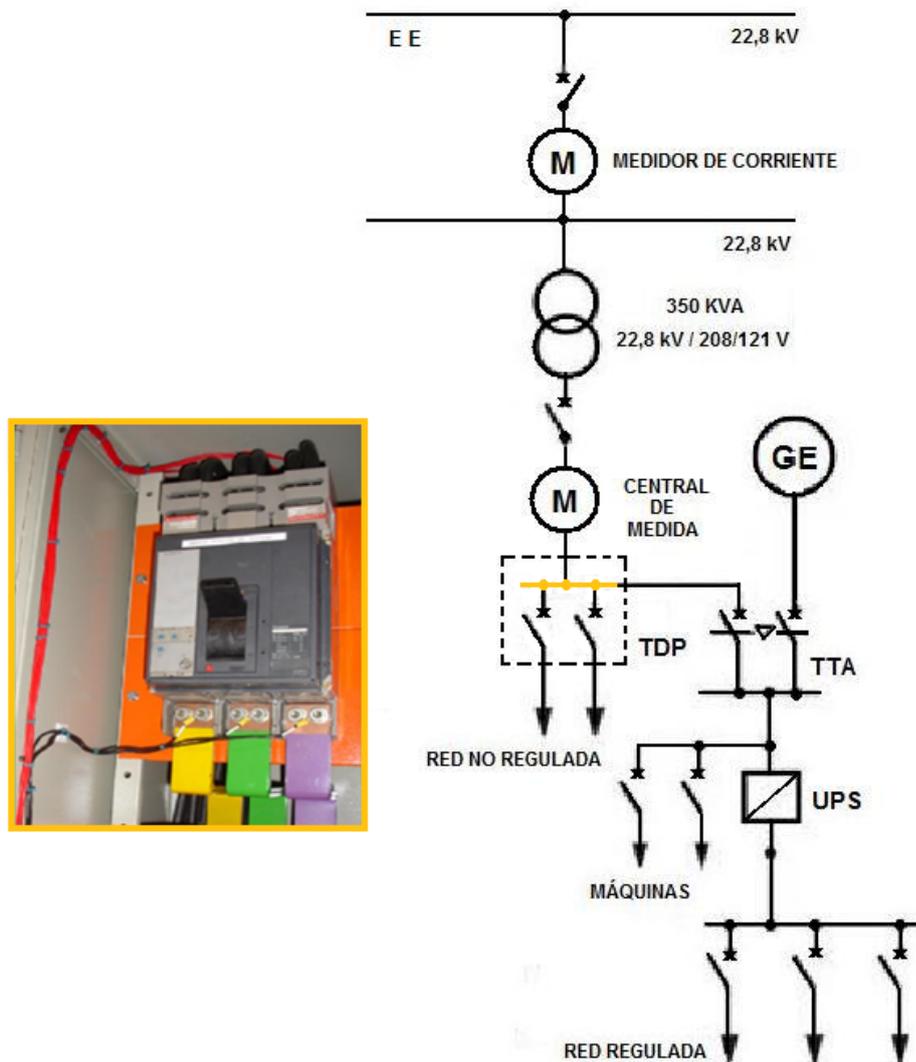


Figura. 5.4. Alimentador principal (breaker) del edificio.

c.- La canalización utilizada en el edificio es apropiada para aplicaciones en este tipo de edificaciones. Cuando se realice un mantenimiento preventivo y/o correctivo es necesario verificar el ajuste de los diferentes tipos de accesorios.

d.- La red de distribución de energía está conformada por conductores eléctricos cuyas capacidades satisfacen la demanda de diseño de cada uno de los circuitos. En el caso del material aislante de los conductores se cumple con la codificación de colores reglamentada, con excepción de las *barras de energía* en el TDP.

e.- Uno de los requisitos más importantes para proceder al suministro de energía eléctrica del edificio es la medición del sistema de puesta a tierra o malla de tierra del edificio luego de la inspección de su construcción. El valor de la medición se encuentra dentro de los parámetros fijados por la empresa suministradora.

f.- Debido a las condiciones meteorológicas que se presentan en la zona geográfica en donde se encuentra el edificio, la disponibilidad de protecciones a descargas atmosféricas es indispensable. Para la edificación es necesario este sistema de protección, el cual debe cumplir con las características de diseño, principalmente el *área de cobertura*.

5.3.- Caracterización energética de la carga y patrones de utilización

El estudio de la carga del edificio en cuestión permite corroborar las características siguientes:

- 1)** El sistema de distribución eléctrica de la edificación puede admitir nuevas cargas.
- 2)** La capacidad del sistema eléctrico y del cableado es apropiada para solventar las necesidades energéticas de las cargas encontradas en el edificio (iluminación, elevador, equipos eléctricos y electrónicos para oficinas, entre otros).
- 3)** Distribución correcta de la carga entre las tres fases.

Para establecer la capacidad de la instalación interior se considera la sección de los conductores, la potencia nominal de los elementos que forman parte de dicha instalación y el espacio para nuevos circuitos. La carga actual se determina midiendo las cargas existentes. Se registra la demanda de potencia durante un período de tiempo y se establece la demanda máxima, esto es el *estudio de carga*.

El consumo eléctrico del edificio puede representarse como una gráfica de la demanda horaria de sus demandas eléctricas. Esto en un determinado periodo de tiempo da como resultado una gráfica como se muestra en la Figura 5.5.

Esta gráfica fue registrada en la acometida de baja tensión del edificio en una semana de trabajo normal. A través de esta se manifiesta la forma de consumo eléctrico de los usuarios.

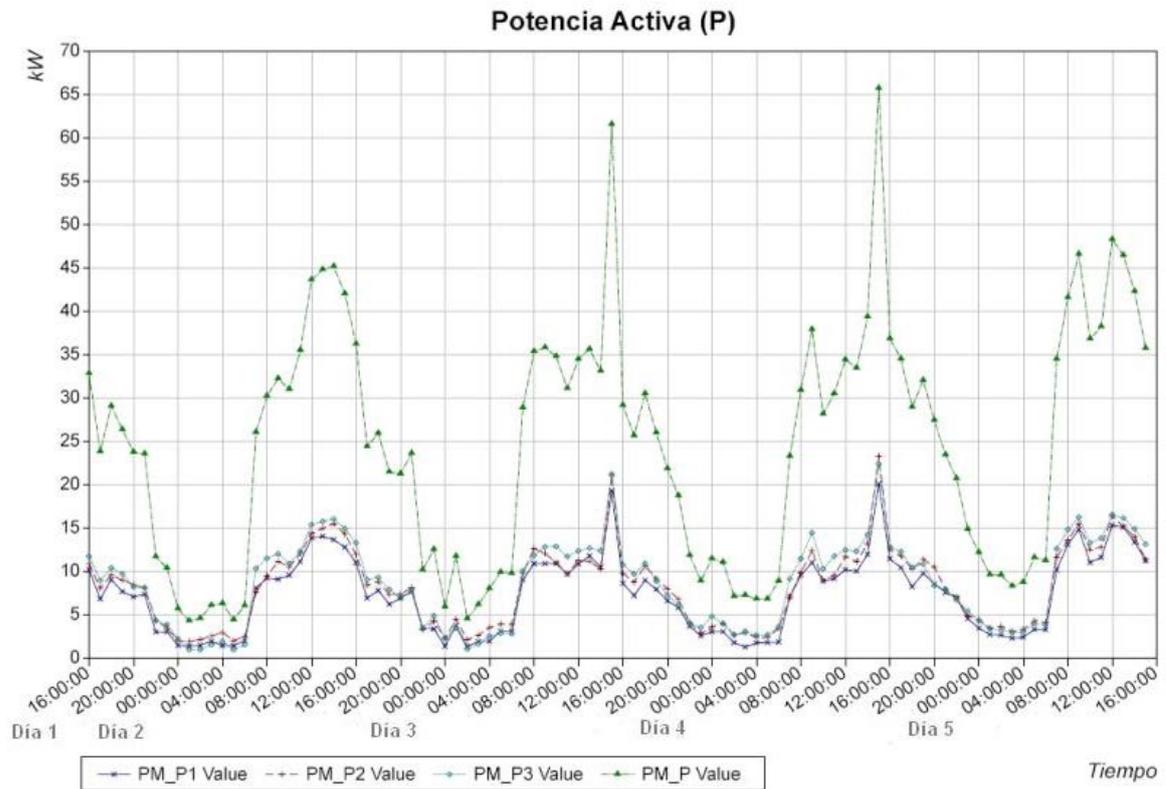


Figura. 5.5. Demanda de potencia activa del edificio.

Los valores más altos de demanda se dan en las horas en que el edificio tiene actividades laborales. En la gráfica puede identificarse parcialmente cuál es el derroche o baja eficiencia en el uso de la energía, pero es una referencia muy útil para establecer una estrategia de ahorro de energía y detectar el efecto de las medidas de ahorro que se adopten.

El factor de potencia es uno de los parámetros más importantes que se registran en un estudio de carga. Las empresas de suministro eléctrico sancionan a los diferentes usuarios que operan con un factor de potencia inferior al establecido. Realizar un estudio del factor de potencia e implementar una adecuada corrección del mismo puede evitar sanciones económicas.

Con la obtención de los valores de las potencias activa, reactiva y aparente puede efectuarse el estudio del factor de potencia y determinar sus características.

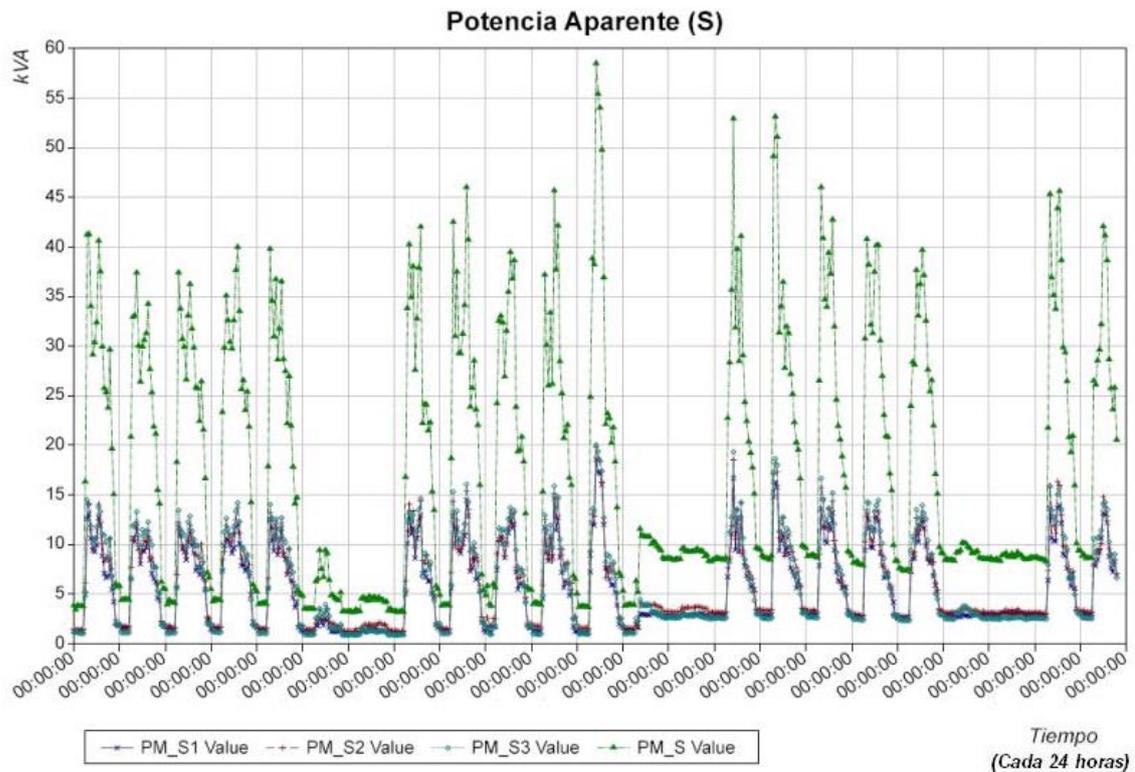


Figura. 5.6. Potencia total requerida en el edificio.

Para determinar el comportamiento de parámetros eléctricos como voltaje e intensidad de corriente se realiza un análisis de las curvas características que se muestran en las siguientes gráficas. Las curvas de voltaje son parciales; en las de intensidad de corriente se muestra la curva total además de las parciales. Este análisis de las curvas características permitirá también identificar posibles perturbaciones eléctricas en el sistema.

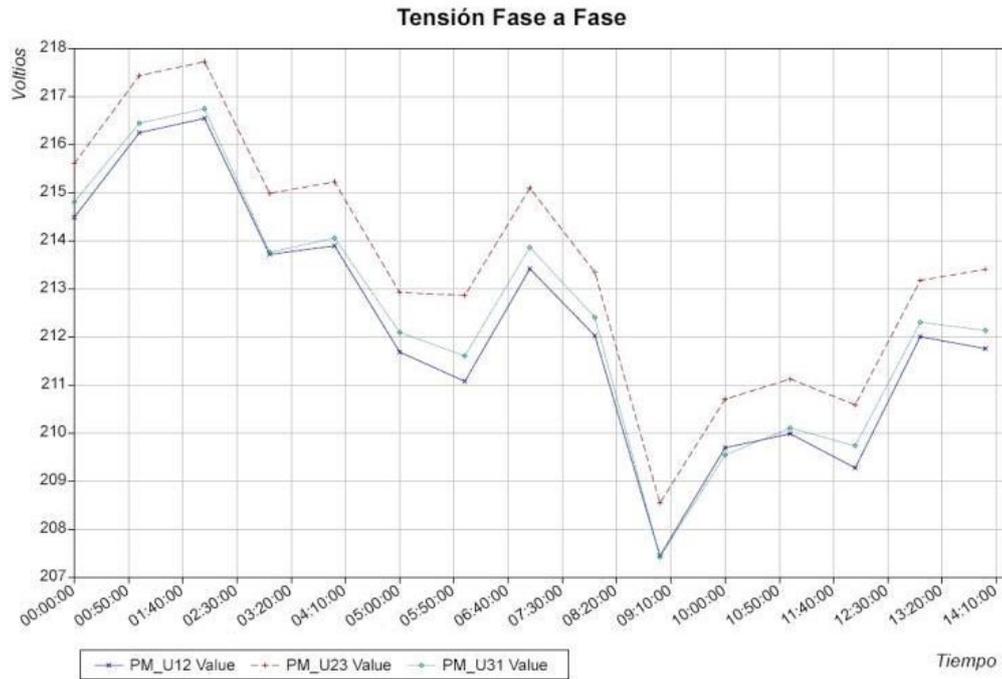


Figura. 5.7. Tensión entre fases medida en la acometida principal.

En la gráfica de la Figura 5.7 se observa las variaciones de voltaje, entre fases, en un determinado periodo de tiempo. Asimismo se tiene la curva característica de la tensión entre cada una de las fases y el neutro, tomada en el mismo punto de la acometida (Figura 5.8).

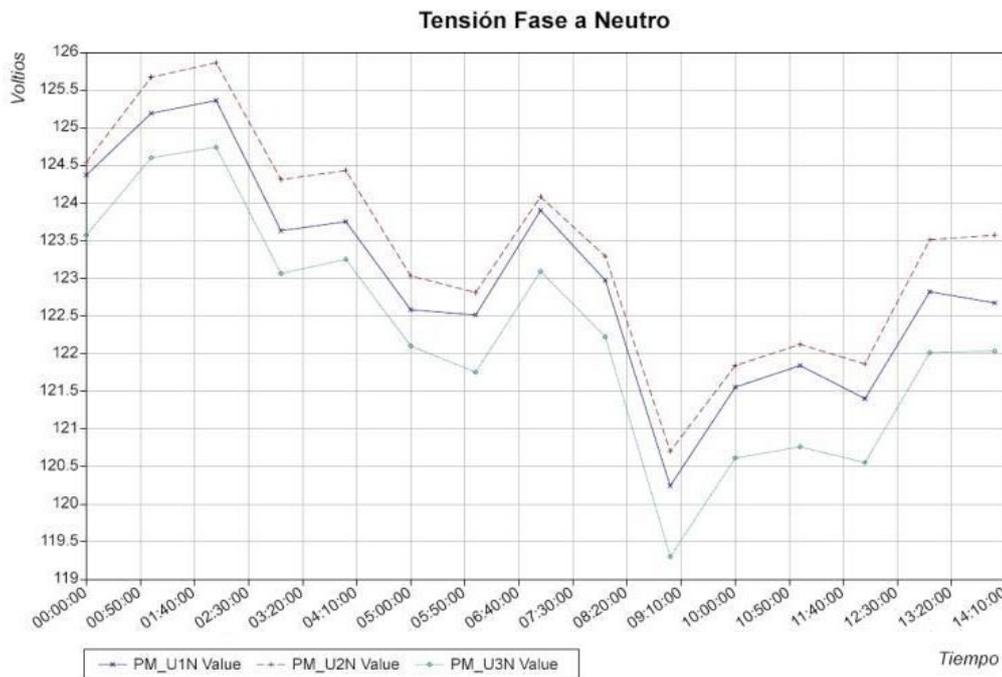


Figura. 5.8. Tensión entre fase y neutro.

En las siguientes gráficas se observa el comportamiento de la intensidad de corriente, parcial y total.

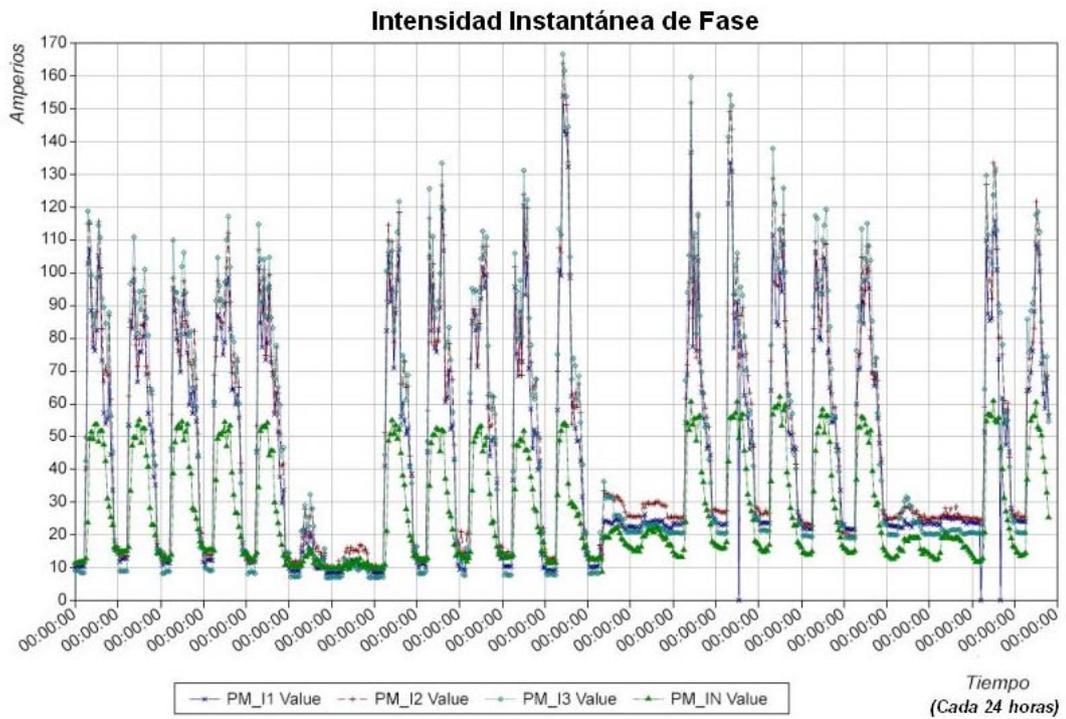


Figura. 5.9. Curvas de intensidad de corriente, parcial y total.

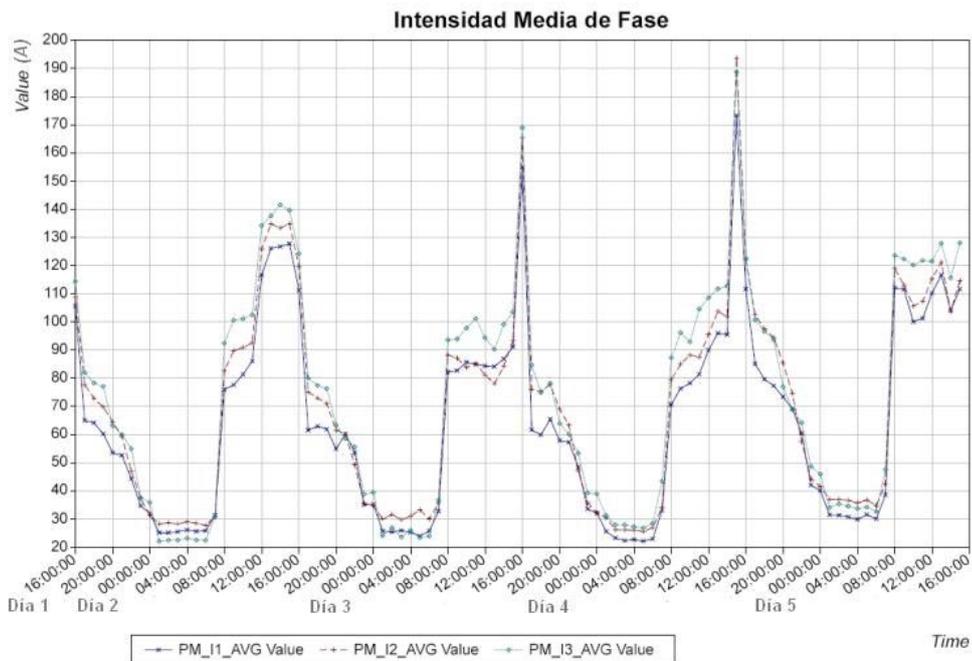


Figura. 5.10. Curvas de intensidad de corriente promedio.

5.4.- Alternativas de solución

Para mejorar la calidad de la energía eléctrica y evitar los fallos de los componentes del sistema eléctrico es necesario la medición y el registro de los principales parámetros energéticos en un determinado período de tiempo. La medición permite administrar y, por tanto, mejorar. Un conveniente sistema de monitoreo provee la información del consumo de energía, la misma que facilitará la ejecución de planes para ahorro de electricidad.

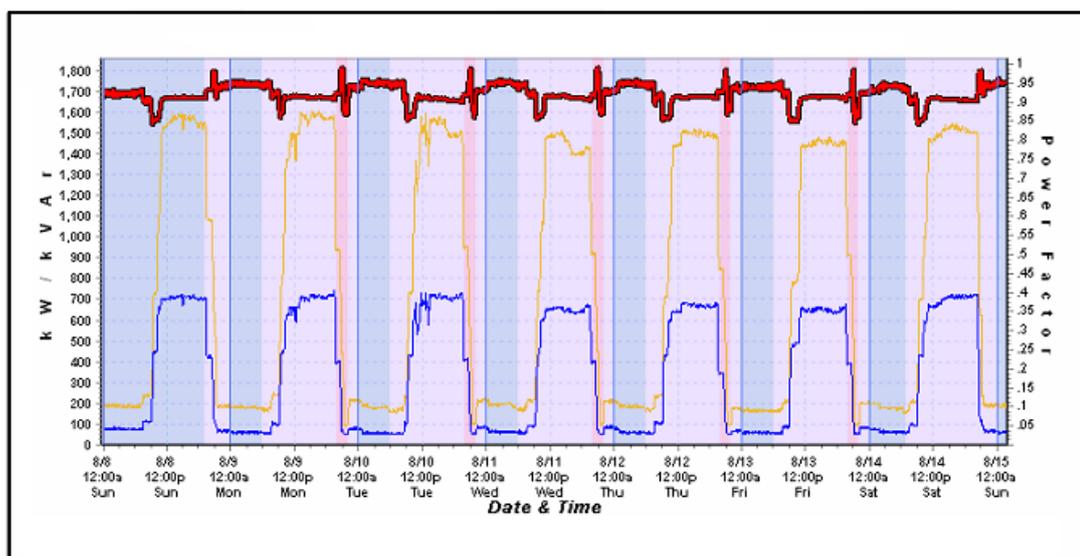


Figura. 5.11. Gráfica de un sistema de monitoreo de red eléctrica.

A partir del procesamiento de la información generada por el sistema de monitoreo es necesario que sea analizada para decidir qué acciones se adoptarán y de esta manera controlar el consumo de energía (iluminación, acondicionamiento del aire, ventilación, entre otros).

En base a los sistemas considerados¹ para llevar un registro del comportamiento de los parámetros eléctricos en las instalaciones del edificio; el monitoreo de la red eléctrica se lo lleva a cabo mediante una central de medida, la misma que se supervisa desde la computadora principal del cuarto de control a través de una red de comunicación RS-485 Modbus.

¹ Capítulo 4.3.- Centrales de medición para sistemas eléctricos.

5.5.- Diseño de la solución

El sistema implementado en la edificación para realizar el monitoreo de las variables eléctricas está estructurado de la siguiente manera:

- a.- Red RS-485, comunicación entre la central PM500 y el controlador.
- b.- Conversión Ethernet – RS-485, realizada por el controlador programable.
- c.- Red Ethernet, comunicación entre el controlador y la computadora principal a través de un switch.

5.5.1.- Diagrama esquemático. En la Figura 5.12 se presenta los elementos que conforman la red de monitoreo de parámetros eléctricos utilizando la central de medida PM500. Para la interconexión entre la central PM500 y la red eléctrica existe peligro por **riesgo eléctrico**.

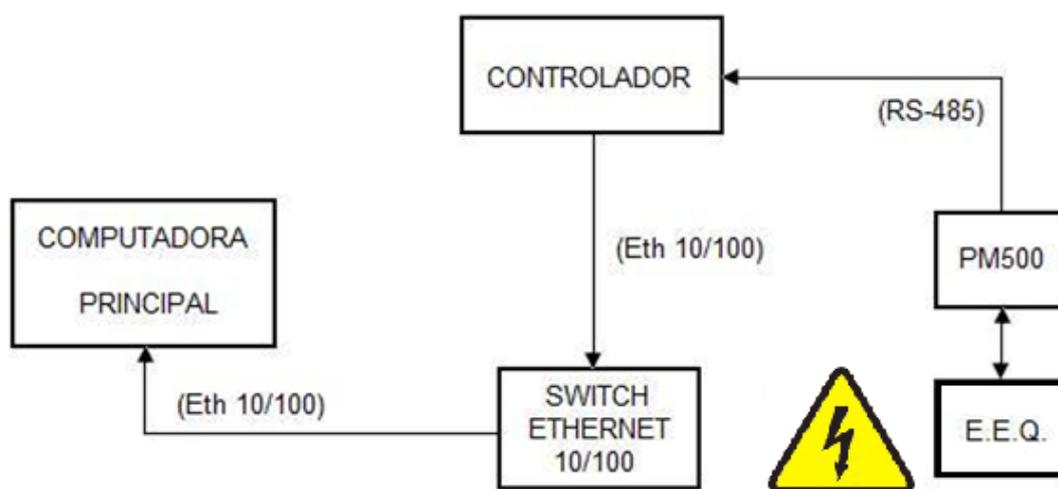


Figura. 5.12. Estructura de la red monitoreo de las variables eléctricas.

1) Computadora principal. En esta se encuentra instalado, principalmente, el software de monitoreo, con el que, a través de una interfaz gráfica (HMI) se tiene acceso a la información proporcionada por la central de medida.

Las características de la interfaz gráfica (pantalla principal) se las representa en la Figura 5.13. Las lecturas de los parámetros eléctricos que se obtengan a través de una HMI deben ser absolutamente verídicas.

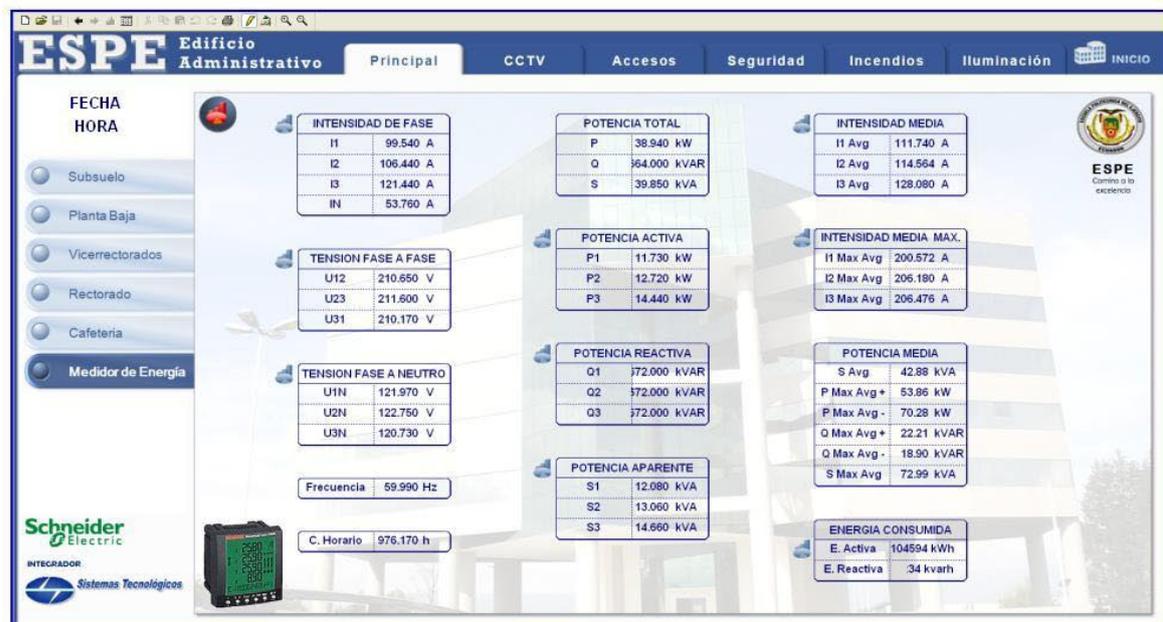


Figura. 5.13. HMI para monitoreo de variables eléctricas.

En la ventana principal de la interfaz gráfica se encuentran los valores actualizados de las variables eléctricas tales como:

- Intensidad de fase; media; media máxima.
- Tensión fase a fase; fase a neutro.
- Potencia total; activa; reactiva; aparente; media.
- Energía consumida.
- Frecuencia.

2) Controlador. El módulo *Modbus RS485* realiza la comunicación entre la central de medida PM500 y la computadora principal mediante un controlador programable (Figura 5.14) y un switch.



Figura. 5.14. Controlador programable.

El controlador permite la conversión del estándar RS-485, de la central PM500, a Ethernet, del switch y la computadora principal. Este es uno de un conjunto de controladores programables, como se indica en la Figura 5.15, con los cuales se automatiza muchas de las instalaciones del edificio como son: energía eléctrica (principal), circuito cerrado de televisión (CCTV), iluminación, entre otros.



Figura. 5.15. Controladores para automatización de instalaciones electrónicas del edificio.

3) Central de medida PM500. Este instrumento de medición se ubica en el tablero de distribución principal (TDP) del edificio.

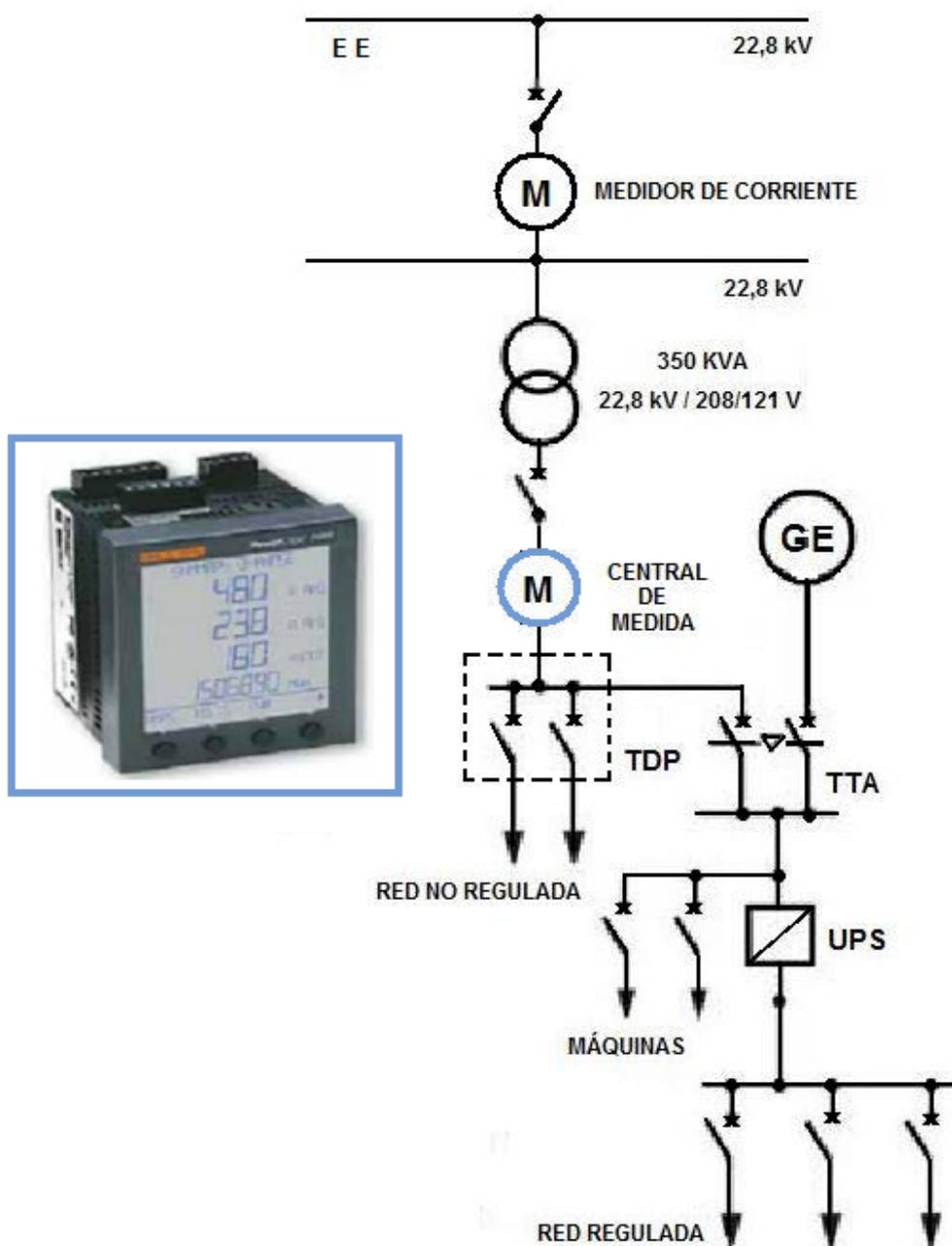


Figura. 5.16. Central de medida en la red de distribución eléctrica.

En la Figura 5.17 se muestra la imagen de la central de medida PM500 ⁽²⁾; las lecturas de los parámetros eléctricos son datos en tiempo real que indican la cantidad de consumo de la energía eléctrica.



Figura. 5.17. Central PM500 en el TDP del edificio.

Las conexiones se realizan en la acometida de baja tensión, de acuerdo a la Figura 5.18, en la PM500, las líneas de voltaje se conectan directamente a la red eléctrica mientras que las líneas de corriente lo hacen a través de transformadores.

La red de comunicación de datos se rige bajo el protocolo de comunicaciones Modbus, estándar EIA/RS-485 a 2 hilos. El bus de 2 hilos RS485 se compone por un cable (medio) con una longitud máxima de 500 m. La ventaja de la técnica de 2 hilos se encuentra esencialmente en la capacidad de equipos máster, en donde cualquier dispositivo puede intercambiar datos en principio con cualquier otro.

² Capítulo 4.3.2.- Central de medida.

El bus de 2 hilos es básicamente apto para una transmisión semi-dúplex (medio compartido); es decir, ya que sólo hay a disposición una vía de transmisión, siempre puede enviar datos un solo dispositivo. Sólo después de finalizar el envío pueden, por ejemplo, responder otros dispositivos.

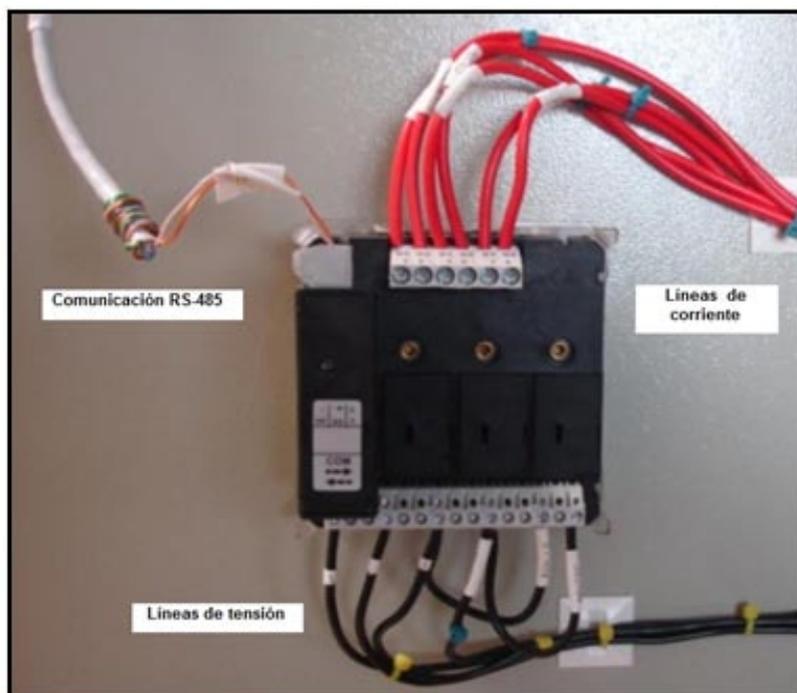


Figura. 5.18. Conexiones de la central de medida PM500.

5.6.- Análisis de costos

Una vez que se ha definido el alcance técnico del proyecto de monitoreo de variables eléctricas, debe realizarse una evaluación económica del sistema para conocer si los beneficios que se esperan justifican la inversión en el sistema.

Para este análisis hay que identificar las ventajas o beneficios que se obtendrían con la implantación del sistema así como las desventajas, lo que se traduciría en ahorro y costos económicos.

a.- Ventajas. Entre los aspectos que pueden considerarse como beneficios se tienen:

- Uso eficiente de la energía eléctrica.
- Mejora la eficiencia energética del edificio, ya que se automatizan las maniobras de los diferentes subsistemas en función de las políticas programadas.
- Ahorros en penalizaciones (factor de potencia).
- Optimización del flujo de potencia reactiva.
- Disminución de costos en operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas.
- Control global del sistema.
- Acceso a la información (estados, medidas, alarmas) del sistema en tiempo real o histórico.
- Posibilidad de análisis de fallas.
- Aumento de la seguridad para el personal y disponibilidad de las instalaciones.

b.- Desventajas. La inversión económica en proyectos de eficiencia energética y normalización puede generar los siguientes gastos:

- Ejecución de auditorías energéticas.
- Certificaciones de calidad y normas técnicas.
- Adquisición de instrumentos y equipos adecuados para llevar a cabo la supervisión y el monitoreo de variables eléctricas.
- Infraestructura de las edificaciones.
- Instrucción del personal asignado para el control energético.

Si el objetivo de los usuarios de las edificaciones es la obtención de un mayor beneficio y exhaustivo control de costos, debe invertirse recursos para la supervisión y control del suministro eléctrico.

La información básica que debe estar disponible para el análisis de los costos es la siguiente:

- Capacidad instalada (kVA).
- Demanda (kVA).
- Factor de carga (curvas típicas de carga).
- Factor de potencia.
- Número de cortes o interrupciones en un periodo de tiempo.
- Histórico de la demanda.
- Crecimiento de la demanda.

5.6.1.- Evaluación de los datos. En el esquema general de medición que se está implantando (Figura 5.12) en el edificio se distinguen tres bloques principales que son: computadora principal, controlador y central de medida.

Mediante el software de monitoreo (computadora principal) se obtienen los datos de las variables eléctricas, en gráficos y estadísticas, con los cuales se determina el consumo energético.

POTENCIA MEDIA	CONSUMO
Aparente (+)	42,88 kVA
Aparente (-)	72,99 kVA
Activa (+)	53,86 kW
Activa (-)	70,28 kW
Reactiva (+)	22,21 kVAr
Reactiva (-)	18,90 kVAr

Tabla. 5.1. Energía promedio consumida en el edificio.

Como se observa los valores promedios en la Tabla 5.1, la demanda de potencia media que requiere el edificio (energía suministrada) se marca como positivo (+); y la demanda de potencia media que es devuelta (consumidor) se marca como negativo (-).

De estos valores, realizando la diferencia de potencia activa, se tiene:

$$Pm(-) - Pm(+) = 70,28 - 53,86 = 16,42 \text{ kW} \quad [1]$$

En el cálculo anterior [1], si esta diferencia de potencia es consumida en un periodo de 4 horas por día, durante 20 días por mes, se tendría como resultado el consumo mensual en horario pico siguiente:

$$(16,42 \times 4) \times 20 = 1.313,60 \text{ kWh} \quad [2]$$

El consumo de potencia anterior [2] dado en kWh (kilovatio por hora) podría ser reducido aplicando políticas adecuadas para el ahorro de energía eléctrica.

Ahora, considerando un costo de energía por kWh de USD. \$0,08 aproximadamente, el ahorro económico debido a la reducción del consumo de electricidad en horario pico es:

$$(1.313,60 \text{ kWh} \times \$0,08) = \$105,09 \quad [3]$$

Este valor [3], considerando el importe anual para el funcionamiento del edificio, implicaría:

$$(\$105,09 \times 12 \text{ meses}) = \$1.261,08 \quad [4]$$

Las cifras económicas [4] que resulten de consumos innecesarios de electricidad elevarán el presupuesto general de toda actividad productiva que se lleve a cabo en cualquier edificación comercial.

En la medida que el consumo de energía en cada uno de los sistemas eléctricos y electrónicos sea cada vez menor, aumentará la **eficiencia energética** en el edificio.

Si la demanda de potencia adicional [1] requerida en las horas “pico” de consumo es disminuida a la demanda promedio $P_m (+)$ de potencia, aplicando las *políticas de eficiencia energética*, se obtendría el siguiente ahorro de energía eléctrica:

$$P_m(-) = 70,28 \text{ kW} \approx 100\%$$

$$P_m(+) = 53,86 \text{ kW} \rightarrow P_{\text{media}}$$

$$\therefore \text{Ahorro de energía} \approx 23,36\% \quad [5]$$

Este ahorro en el consumo eléctrico [5] representa una importante contribución a la preservación de recursos naturales y económicos.

Una de las características de significativo interés para ser sometida a un estudio es el factor de potencia (FP) de la edificación. En base a los datos de la Tabla 5.1 se calcula el factor de potencia FP (-) y FP (+) en los horarios de demanda de potencia $P_m (-)$ y $P_m (+)$.

1) Método de cálculo del factor de potencia FP:

$$FP = \cos \varphi = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}}$$

siendo:

P = potencia activa,

S = potencia aparente.

2) Cálculo de FP (-):

$$P(-) = 70,28 \text{ kW}$$

$$S(-) = 72,99 \text{ kVA}$$

$$\therefore FP(-) = 0.96 \quad [6]$$

Este valor [6] se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la normatividad de la empresa suministradora de energía ($0,95 \pm 3\%$).

3) Cálculo de FP (+):

$$P(+) = 53,86 \text{ kW}$$

$$S(+) = 42,88 \text{ kVA}$$

$$\therefore FP(+) > 1 \quad [7]$$

Al obtener este resultado [7] se presenta la necesidad de realizar una **auditoría energética** en la edificación, principalmente en la instalación de la central de medida, para determinar las causas que dan como consecuencia que la potencia activa P (+) sea mayor que la aparente S (+) y que se obtenga un valor crítico del factor de potencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Emplear normatividad técnica en la construcción de sistemas eléctricos y electrónicos favorece al incremento de la eficiencia energética en los edificios.
- Todo el conjunto de beneficios que se obtienen al convertir a una edificación comercial en un “edificio energéticamente eficiente” hacen que el proyecto sea rentable.
- El retorno de la inversión en sistemas de monitoreo y control de las variables eléctricas se ve reflejado en la optimización del uso de la energía, la seguridad de las personas y la conservación de los recursos naturales.
- Para lograr importantes ahorros económicos mediante la gestión eléctrica es necesario contar con adecuados sistemas de suministro, distribución y monitoreo de la energía.
- El análisis de los patrones de utilización de la energía permite la ejecución de políticas de eficiencia energética para alcanzar entre un 20% y un 25% de ahorro de electricidad.
- En el estudio de carga realizado en el este edificio comercial debe determinarse las razones por las cuales se presentan picos de consumo de potencia hasta 30 kW dentro de la jornada laboral.
- La realización de una *auditoría energética en las edificaciones* es una temática que complementaría al concerniente a normatividad técnica en edificios comerciales.
- Las perturbaciones en la red eléctrica se minimizan cuando existen sistemas eléctricos y electrónicos que garanticen la calidad de la energía.

Recomendaciones

- Realizar un mantenimiento preventivo a toda la canalización de conductores eléctricos.
- Verificar que los tableros de los sistemas eléctricos y electrónicos posean una correcta identificación (etiquetas).
- Eliminar las lámparas innecesarias y reemplazar los dispositivos actuales con unidades de eficiencia más alta.
- Eliminar lámparas o luminarias. Si sólo se elimina lámparas, desconectar los balastos, ya que este accesorio causa el 10% al 30% del consumo de potencia de la lámpara.
- Controlar el alumbrado exterior. Si se utiliza una celda fotoeléctrica para encender las lámparas y un temporizador para apagarlas se puede ahorrar hasta una tercera parte del consumo actual.
- Apagar las luces en instalaciones o lugares no utilizados. Usar sensores de movimiento como interruptores.
- Cuando los circuitos existentes hacen imposible utilizar menos del 25% de la luz en un espacio grande dado, siempre que se necesita la luz, y cuando hay personas que trabajan durante períodos normales de no ocupación, considerar la instalación de lámparas del tipo de escritorio, con el cual las personas que trabajan en dichas condiciones puedan hacerlo sin tener que recurrir a una gran hilera de luminarias.
- Cuando en una oficina se dispone de luz natural considerar el uso de interruptores de celdas fotoeléctricas para apagar las hileras de luminarias en áreas en que la luz natural es suficiente para el trabajo.
- Trasladar escritorios y otras superficies de trabajo a una posición y orientación en que se utilicen con la mayor ventaja las luminarias instaladas.
- Sustituir el alumbrado incandescente. Utilizar el tipo de luminarias de acuerdo a las necesidades de iluminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELOVE, Charles, *Enciclopedia de la Electrónica. Ingeniería y Técnica*, Tomo 8, Primera Edición, Grupo Editorial Océano, España, 1990, Capítulo 67, p. 2105
- CAMARENA, M. Pedro, *Instalaciones Eléctricas Industriales*, Sexta Edición, CECSA CIA Editorial CONTINENTAL S.A., México, 1984
- CANALA, Jaime, "Certificación de materiales técnicos", *XIX Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, Quito, 2005
- ENRÍQUEZ, Harper Gilberto, *Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas*, Noriega Editores, México, 2003
- ENRÍQUEZ, Harper Gilberto, *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales*, Segunda Edición, LIMUSA Noriega Editores, México, 2003
- GUERRERO, Alberto, *Instalaciones Eléctricas en las Edificaciones*, McGraw Hill, España, 1994
- LAGUNAS, Marqués Ángel, *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales*, Quinta Edición, PARANINFO, España, 2000
- LAGUNAS, Marqués Ángel, *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en Edificios de Viviendas*, Cuarta Edición, PARANINFO, España, 2002
- MARTÍNEZ, Domínguez Fernando, *Instalaciones Eléctricas de Alumbrado e Industriales*, PARANINFO, España, 2001
- MARTÍNEZ, Fernando, *Tecnología Eléctrica*, PARANINFO, España, 2000, Capítulo 16, p. 225
- MILLER, Charles R., *NEC 2005 Pocket Guide to Commercial and Industrial Electrical Installations*, 2005 Edition, NFPA National Fire Protection Association, International Electrical Code Series, Quincy, Massachusetts, U.S.A., 2005
- ROLDÁN, José, *Seguridad en las Instalaciones Eléctricas*, PARANINFO, España, 2000

- SANZ, José – TOLEDANO, José – IGLESIAS, Enrique, *Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión*, Segunda Edición, Thompson PARANINFO, España, 2002
- TRASHORRAS, Montecelos Jesús, *Diseño de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado*, PARANINFO, España, 2002
- <http://es.wikipedia.org/>, Enciclopedia libre en Internet.
- <http://standards.ieee.org/>, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- <http://www.afnor.fr>, Asociación Francesa de Normalización.
- <http://www.ansi.org/>, Instituto Nacional Americano de Normalización.
- <http://www.astm.org/>, American Society for Testing and Materials.
- <http://www.arqhys.com/construccion/especialesinstalaciones-normas.html>, Normas para construcción e instalaciones especiales.
- <http://www.bce.fin.ec/documentos/>, Apuntes financieros.
- <http://www.bsi.org.uk>, British Standards Institution.
- <http://www.bsi-global.com>, British Standards Institution.
- <http://www.cieepi.ec/>, Artículos y publicaciones.
- <http://www.cenorm.be/>, Comité Europeo para la Estandarización.
- <http://www.conelec.gov.ec/downloads/>, Datos de estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano.
- <http://www.copant.org/>, Comisión Panamericana de Normas Técnicas.
- <http://www.din.de>, Instituto Alemán para la Estandarización.
- <http://www.eeq.com.ec/laEmpresa/>, Índices y normas técnicas.
- <http://www.gwelec.com>, Productos para la industria de la energía eléctrica.
- <http://www.hidropaute.com/descargas/>, Datos estadísticos del sector eléctrico ecuatoriano.
- <http://www.iaei.org/>, International Association of Electrical Inspectors.
- <http://www.icontec.org/>, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- <http://www.ieci.org/>, Independent Electrical Contractors.
- <http://www.ieee.org/>, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- <http://www.iesna.org/>, Illuminating Engineering Society of North America.
- <http://www.inen.gov.ec/>, Catálogo de normas técnicas ecuatorianas.

- <http://www.isa.org>, The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- <http://www.merten.de/>, Productos para la industria.
- http://www.micip.gov.ec/onudi_libros/, Datos estadísticos del sector eléctrico.
- <http://www.nema.org/>, National Electrical Manufacturers Association.
- <http://www.nfpa.org/>, National Fire Protection Association.
- <http://www.olade.org.ec/documentos/>, Mercado eléctrico.
- <http://www.procobrecuador.org>, Calidad de la energía.
- <http://www.procobreperu.org>, Sistemas de puesta a tierra.
- <http://www.selinc.com>, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- <http://www.schneider-electric.com.ar/recursos/catalogos/>, Catálogos de productos y cuadernos técnicos.
- <http://www.selindustrial.com>, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- <http://www.squared.com/us/>, Catálogos de productos para la industria.
- <http://www.tac.com/us/>, Andover Controls. Productos para la industria.
- <http://www.ul.com/>, Underwriters Laboratories.
- <http://www.ulstandards.com/>, UL Standards para la seguridad.

ANEXOS

ANEXO 1

Organismos de normalización.

ANEXO 2

Normas para las edificaciones.

ANEXO 3

Historia de las normas eléctricas.

ANEXO 4

Áreas de concesión de las empresas distribuidoras.

ANEXO 1

ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN

AEIC

Association of Edison Illuminating Companies. Asociación de Compañías de Iluminación Edison.

AESC

American Engineering Standards Committee. Comité Americano de Estándares para Ingeniería.

AFNOR

Association Française de Normalisation. Asociación Francesa de Normalización. Organización para la estandarización integrante de la ISO.

ANSI

American National Standards Institute. Instituto Nacional Americano de Normalización. Organización voluntaria compuesta por corporativas, organismos del gobierno y otros miembros que coordinan las actividades relacionadas con estándares, aprueban los estándares nacionales de los EE.UU. y desarrollan posiciones en nombre de los Estados Unidos ante organizaciones internacionales de estándares. ANSI ayuda a desarrollar estándares de los EE.UU. e internacionales en relación con, entre otras cosas, comunicaciones y networking. ANSI es miembro de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), y la Organización Internacional para la Normalización.

ASA

American Standard Association. Asociación Americana de Estandarización.

ASME

American Society of Mechanical Engineers. Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

ASTM

American Society for Testing and Materials. Sociedad Americana para Pruebas de Materiales. Los estándares permiten especificar, evaluar y probar el rendimiento requerido en los materiales y accesorios usados en la fabricación de componentes electrónicos, dispositivos y equipos. También se prueban las propiedades físicas y eléctricas de los materiales que se utilizan como aislantes eléctricos en dispositivos y equipos. Otros estándares involucran las evaluaciones de ciertos materiales y sus características de ignición y combustión.

AWG

American Wire Gauge. Medida Americana para Conductores. Este sistema define una progresión geométrica entre los diámetros de los distintos conductores considerados como conductores sólidos; para ello puntualiza 39 pasos del alambrado para las maquinas y los 2 diámetros extremos. El diámetro mayor corresponde al calibre 4/0, de diámetro 0,46 pulgadas (#4/0 AWG); el diámetro menor corresponde al calibre #36 AWG, de diámetro 0,005 pulgadas. Conocidos los valores extremos y la cantidad de pasos, la progresión geométrica queda definida usando la siguiente razón:

$$\sqrt[39]{\left(\frac{0,46}{0,005}\right)} = 1,1229$$

[Ec. A1-1]

Para diámetros mayores a #4/0 AWG, el sistema recomienda medir la sección del conductor en Circular Mil (CM). El CM se define como el área que corresponde a un círculo de 1 milésima de pulgada de diámetro. A su vez 1 milésima de pulgada corresponde a 1 mil. La relación entre 1 mil y el mm es la siguiente:

$$1\text{mil} = 25,4 \times 10^{-3} \text{ mm} \quad [\text{Ec. A1-2}]$$

También pueden usarse los múltiplos o submúltiplos de CM; por ejemplo: MCM.

BICSI

Building Industry Consulting Service International. Construcción y Consultoría Internacional de Servicios. Organización americana (USA) que emite certificaciones (ANSI/EIA/TIA 568B) para instaladores de cable y diseñadores que se especializan en transmisión de voz y datos por cable.

BSI

British Standards Institution. Organización de estandarización que representa al Reino Unido (UK) ante la ISO, IEC, CEN, CENELEC.

CE

CE Mark. Communautés Européennes. Proporciona las indicaciones y requerimientos esenciales para la seguridad. Los fabricantes son responsables de las pruebas y declaraciones de conformidad según las directivas.

CEE

Comunidad Económica Europea. Organización internacional creada por uno de los dos Tratados de Roma de 1957 (en vigencia desde 1958), con la finalidad de crear un mercado común europeo. Se le cambió el nombre a Comunidad

Europea (CE). También en el Tratado de Maastricht se creó oficialmente la Unión Europea. Tras la creación de la Unión Europea, la CE (antigua CEE) pasó a formar parte del primero de los tres Pilares de la Unión Europea.

CEEI

Comisión Internacional de Reglamentación.

CEN

Comité Européen de Normalisation. Comité Europeo de Normalización. Normas Europeas (EN). El CEN tiene como misión promover la armonización técnica, de forma voluntaria, en Europa.

CENACE

Centro Nacional de Control de Energía. Corporación civil de derecho privado, de carácter eminentemente técnico, sin fines de lucro, cuyos miembros serán todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores. Se encargará del manejo técnico y económico de la energía en bloque, garantizando en todo momento una operación adecuada que redunde en beneficio del usuario final.

El CENACE tendrá a su cargo la administración de las transacciones técnicas y financieras del Mercado Eléctrico Mayorista en el Ecuador; debiendo resguardar las condiciones de seguridad de operación del Sistema Nacional Interconectado, responsabilizándose por el abastecimiento de energía al mercado, al mínimo costo posible, preservando la eficiencia global del sector y creando condiciones de mercado para la comercialización de energía eléctrica por parte de las empresas generadoras, sin ninguna discriminación entre ellas, facilitándoles el acceso al sistema de transmisión.

CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique. Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica. Está reconocido oficialmente como la organización europea de normalización en este campo por la Comisión Europea en la Directiva 83/189/CEE. Es la responsable de la estandarización europea en las áreas de ingeniería eléctrica. Junto a la ETSI (telecomunicaciones) y al CEN (otras áreas técnicas), forma parte del sistema europeo de normalizaciones técnicas.

CENELEC se fundó en 1973, y agrupó las organizaciones CENELCOM y CENEL, que eran antes responsables de la normalización electrotécnica. Es una organización no lucrativa bajo la ley de Bélgica, y tiene la sede en Bruselas. Aunque trabaja activamente para la Unión Europea, no es una institución de la CEE.

CONELEC

Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador. Entidad que puede concesionar o delegar a otros sectores de la economía la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Se encarga de elaborar planes para el desarrollo de la energía eléctrica. Ejerce además todas las actividades de regulación y control definidas en la Ley de Modernización.

COPANT

Panamerican Standards Comisión. Comisión Panamericana de Normas Técnicas. Los fines de COPANT son promover el desarrollo de la normalización técnica y actividades relacionadas en sus países miembros, con el fin de impulsar su desarrollo comercial, industrial, científico y tecnológico. La comisión busca para sus miembros el beneficio de la integración económica y comercial, del intercambio de bienes y servicios y de facilitar la cooperación en las esferas intelectual, científica, económica y social.

CPE

Código de Práctica Ecuatoriano. Código eléctrico aplicado en el Ecuador.

CSA

Canadian Standards Association. Asociación Canadiense de Normas.

DIN

Deutsches Institut für Normung. Instituto Alemán para la Normalización. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad. El DIN representa los intereses alemanes en las organizaciones internacionales de normalización.

El DIN fue establecido el 22 de diciembre de 1917 como Normenausschuss der Deutschen Industrie (NADI). El acrónimo DIN también ha sido interpretado como Deutsche Industrie Norm y Das Ist Norm.

EEQ S.A.

Empresa Eléctrica Quito S. A. Las normas constituyen un conjunto de informaciones básicas y recomendaciones de orden práctico, conformadas con el propósito de ordenar y orientar la ejecución del diseño de las redes de distribución a ser realizado por el personal de la empresa o por profesionales independientes para instalaciones localizadas dentro del área de servicio de la empresa.

EEI

Edison Electrical Institute. La institución trabaja para mejorar la enseñanza de la producción, transporte y uso de la energía eléctrica con la intención de lograr la eficiencia energética, el progreso económico y una buena calidad de vida de las personas.

EIA/TIA

Electronic Industries Association / Telecommunications Industry Association. Asociación de Industrias Eléctricas y Telecomunicaciones. Define las clases de aplicación y cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales.

El Instituto Americano Nacional de Estándares, la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones y la Asociación de Industrias Electrónicas (ANSI/EIA/TIA) publican conjuntamente estándares para la manufactura, instalación y rendimiento de equipo y sistemas de telecomunicaciones y electrónico. Cinco de estos estándares de ANSI/EIA/TIA definen cableado de telecomunicaciones en edificios. Cada estándar cubre un parte específica del cableado del edificio. Los estándares establecen el cable, hardware, equipo, diseño y prácticas de instalación requeridas. Cada estándar ANSI/EIA/TIA menciona estándares relacionados y otros materiales de referencia.

ICEA

International Community Electrical Association. Asociación Internacional de la Comunidad Eléctrica.

ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Es un organismo multinacional de carácter privado, sin ánimo de lucro, que trabaja para fomentar la normalización, la certificación, la metrología y la gestión de la calidad en Colombia.

IEC

International Electrotechnical Commission. Comisión Internacional de Electrotecnia. CEI es la organización internacional que prepara y publica normas internacionales sobre electricidad, electrónica y tecnologías relacionadas. Tiene como misión promover, a través de sus miembros, la cooperación internacional en

todas las cuestiones de normalización electrotécnica y materias relacionadas. Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la ISO (normas ISO/IEC).

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers. El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, ingenieros en sistemas e ingenieros en telecomunicaciones. En 1963 adoptó el nombre de IEEE al fusionarse asociaciones como el AIEE (American Institute of Electrical Engineers) y el IRE (Institute of Radio Engineers).

IES

Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). Sociedad Americana de Luminotecnia.

INEN

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Sus fines son: La normalización técnica, la verificación del cumplimiento de las normas técnicas ecuatorianas, el desarrollo de los sistemas de la calidad de las empresas nacionales, la certificación de la calidad de conformidad con norma o reglamento técnico de los productos nacionales e importados, la administración de la Ley de Pesas y Medidas y la Protección al Consumidor.

El INEN representa a la República del Ecuador ante los Organismos Internacionales, Regionales y Subregionales de Normalización, Certificación y Metrología, siendo Organismo Miembro de la Organización Internacional de Normalización, ISO; Miembro Pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas, COPANT, del Comité Andino de Normalización, CAN y miembro corresponsal de la Organización Internacional de Metrología Legal, OIML,

miembro pleno del Sistema Interamericano de Metrología, SIM y de la Interamerican Accreditation Corporation, IAAC.

IPCEA

Insulated Power Cable Engineers Association.

IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

ISA

- Instrument Society of America. Sociedad Americana de Instrumentación.
- International Standardization Associates. Federación Internacional de Asociaciones Nacionales de Normalización.

ISO

International Organization for Standardization. Organización Internacional de Normalización. Es una federación mundial de Organismos Nacionales de Normalización de más de 130 países. Esta organización no gubernamental se fundó en 1947 y su misión es promover en el mundo el desarrollo de la normalización, con miras a facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios y la cooperación para desarrollar las actividades, intelectual, científica, tecnológica y económica de apoyo a la normalización. El trabajo de la ISO es publicado como Normas Internacionales.

ITU

International Telecommunications Union. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

NEC

National Electrical Code. Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos De América. Es un estándar para la seguridad en las instalaciones eléctricas y su equipamiento. Es parte de una serie de códigos publicado por la NFPA.

NEMA

National Electrical Manufacturers Association. Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos. NEMA es la asociación de compañías fabricantes de productos usados en la generación, transmisión, distribución y control de la electricidad.

NESC

National Electric Safety Code. Código Nacional de Seguridad Eléctrica.

NFPA

National Fire Protection Agency. Asociación Nacional de los Estados Unidos de América para la Protección Contra Incendios. Organización encargada del desarrollo de estándares y requerimientos para la prevención del fuego y protección de las personas.

NOM

Norma Oficial Mexicana.

NTC

Normas Técnicas Colombianas.

NTP

Norma Técnica Peruana.

SI

Systeme International d' Unités. Sistema Internacional de Unidades. Las letras SI son usadas en todos los idiomas para referirse a este sistema.

El SI es un sistema de unidades adoptado por la más alta autoridad internacional de unidades, es decir, la Conferencia General de Pesas y Medidas (Conference Générale des Poids et Mesures, CGPM). Está fundado en los sistemas métricos más antiguos y ha sido diseñado para ser apto para el uso en cada contexto: común, técnico y científico.

SISTEMA MÉTRICO

El primer sistema exitoso de unidades de medida fue el sistema métrico, el cual fue desarrollado en Francia en la década de 1790. El sistema métrico fue adoptado internacionalmente por medio de la Convención del Metro (Convention du Mètre) la cual fue suscrita por 17 naciones en 1875 en París, Francia. Desde entonces muchas naciones han firmado la convención.

UNEL

Unificazione Elettrotecnica. Organización cuya función es la unificación dimensional en el campo electrotécnico en Italia.

UTE

Union Technique d'Electricité. Unión Técnica de Electricidad (Francia).

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker. Asociación de Ingenieros Eléctricos Alemanes. Con el objetivo de proteger la vida y la salud de las personas al igual que la integridad de los bienes ante posibles riesgos surgidos como consecuencia del uso de corriente eléctrica, se creó en 1893 la VDE.

UL

Underwrites Laboratories Inc. Los estándares UL para la seguridad contienen los requerimientos usados en la investigación, fabricación y la selección de materiales, componentes, productos y sistemas utilizados en el mercado.

ANEXO 2

NORMAS PARA LAS EDIFICACIONES

ANSI

- ANSI/EIA/TIA. Normas para cableado estructurado.
- ANSI/EIA-625. Requerimientos para el manejo de dispositivos sensitivos a descargas electroestáticas ESDS.
- ANSI/IEEE-STD-142. Tendido de los sistemas eléctricos industriales y comerciales. Libro Verde de IEEE. Prácticas recomendadas por IEEE para el aterrizamiento de sistemas de poder comerciales e industriales.
- ANSI/NEMA-250. Enclosures for electrical equipment (1000 volts maximum).
- C57.12-20. Diseño, fabricación y pruebas de transformadores.
- C63.16. Estándar para metodologías y criterios de prueba de descarga electroestática para equipo electrónico.
- C78.5-2003. Electric lamps specifications for performance of self-ballasted compact fluorescent lamps.
- C78.1350. Electric lamps. 400 Watt S51 high pressure sodium lamps.
- C78.1351. Electric lamps. 250 Watt S50 high pressure sodium lamps.
- C78.1352. Electric lamps. 1.000 Watt S52 high pressure sodium lamps.
- C82.4. Ballasts for high intensity discharge and low pressure sodium lamps.
- C82.6. Reference ballasts for high intensity discharge lamps methods of measurement.
- C84.1. Voltage ratings for electric power systems and equipment. Establece rangos para tensiones de servicio que debe garantizar la

empresa eléctrica y los rangos de utilización que deben ser garantizados con adecuadas instalaciones dentro de los establecimientos del usuario.

ASTM

- ASTM Section 10. Electrical insulation and electronics.
- A34/A34M-06. Standard practice for sampling and procurement testing of magnetic materials.
- A340-03A. Standard terminology of symbols and definitions relating to magnetic testing.
- A341/A341M-00-2005. Standard test method for direct current magnetic properties of materials using DC permeameters and the ballistic test methods.
- A342/A342M-04. Standard test methods for permeability of feebly magnetic materials.
- A343/A343M-03-2008. Standard test method for alternating-current magnetic properties of materials at power frequencies using wattmeter-ammeter-voltmeter method and 25 cm Epstein test frame.
- A345-04. Standard specification for flat-rolled electrical steels for magnetic applications
- A348/A348M-05. Standard test method for alternating current magnetic properties of materials using the wattmeter-ammeter-voltmeter method, 100 to 10000 Hz and 25 cm Epstein frame.
- A596/A596M-95-2004. Standard test method for direct-current magnetic properties of materials using the ballistic method and ring specimens.
- A598/A598M-02-2007. Standard test method for magnetic properties of magnetic amplifier cores.
- A697/A697M-03. Standard test method for alternating current magnetic properties of laminated core specimen using voltmeter-ammeter-wattmeter methods.
- A698/A698M-07. Standard test method for magnetic shield efficiency in attenuating alternating magnetic fields.

- A712-07. Standard test method for electrical resistivity of soft magnetic alloys.
- A717/A717M-06. Standard test method for surface insulation resistivity of single-strip specimens.
- A804/A804M-04. Standard test methods for alternating-current magnetic properties of materials at power frequencies using sheet-type test specimens.
- B1-01-2007. Standard specification for hard-drawn copper wire.
- B2-08. Standard specification for medium-hard-drawn copper wire.
- B3-01-2007. Standard specification for soft or annealed copper wire.
- B8-04. Standard specification for concentric-lay-stranded copper conductors, hard, medium-hard, or soft.
- B8-12. Standard test method for resistance to environmental degradation of electrical pressure connections involving aluminum and intended for residential applications.
- C384-04. Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials by impedance tube method.
- B33-04. Standard specification for tinned soft or annealed copper wire for electrical purposes.
- B48-00-2005-e1. Standard specification for soft rectangular and square bare copper wire for electrical conductors
- B105-05. Standard specification for hard-drawn copper alloy wires for electric conductors.
- B172-01a-2007-e1. Standard specification for rope-lay-stranded copper conductors having bunch-stranded members, for electrical conductors.
- B173-01a-2007-e1. Standard specification for rope-lay-stranded copper conductors having concentric-stranded members, for electrical conductors
- B174-02-2007-e1. Standard specification for bunch-stranded copper conductors for electrical conductors
- B189-05. Standard specification for lead-coated and lead-alloy-coated soft copper wire for electrical purposes.
- B193-02-2008. Standard test method for resistivity of electrical conductor materials.

- B226-04. Standard specification for cored, annular, concentric-layered copper conductors.
- B230/B230M-07. Standard specification for aluminum 1350-H19 wire for electrical purposes.
- B233-97-2007. Standard specification for aluminum 1350 drawing stock for electrical purposes.
- B246-05. Standard specification for tinned hard-drawn and medium-hard-drawn copper wire for electrical purposes.
- B258-02-2008. Standard specification for standard nominal diameters and cross-sectional areas of AWG sizes of solid round wires used as electrical conductors.
- B286-07. Standard specification for copper conductors for use in hookup wire for electronic equipment.
- B324-01-2007. Standard specification for aluminum rectangular and square wire for electrical purposes.
- B354-05. Standard terminology relating to uninsulated metallic electrical conductors.
- B398/B398M-02-2007. Standard specification for aluminum-alloy 6201-T81 wire for electrical purposes.
- B452-02. Standard specification for copper-clad steel wire for electronic application.
- B470-02-2007. Standard specification for bonded copper conductors for use in hookup wires for electronic equipment.
- B501-04. Standard specification for silver-coated, copper-clad steel wire for electronic application.
- B559-93-2007. Standard specification for nickel-coated, copper-clad steel wire for electronic application.
- B609/B609M-99-2004. Standard specification for aluminum 1350 round wire, annealed and intermediate tempers, for electrical purposes.
- B624-07. Standard specification for high-strength, high-conductivity copper-alloy wire for electronic application.
- B682-01. Standard specification for standard metric sizes of electrical conductors.

- B738-03-2008. Standard specification for fine-wire bunch-stranded and rope-lay bunch-stranded copper conductors for use as electrical conductors.
- B784-01-2006. Standard specification for modified concentric-lay-stranded copper conductors for use in insulated electrical cables.
- B911/B911M-05. Standard specification for ACSR twisted pair conductor (ACSR/TP).
- B941-05. Standard specification for heat resistant aluminum-zirconium alloy wire for electrical purposes.
- C423-08A. Standard test method for sound absorption and sound absorption coefficients by the reverberation room method.
- D1711-08. Standard terminology relating to electrical insulation.
- D2219-02-2007-e1. Standard specification for poly vinyl chloride insulation for wire and cable, 60 °C operation.
- D2220-02-2007-e1. Standard specification for poly vinyl chloride insulation for wire and cable, 75 °C operation.
- D2301-99-2004. Standard specification for vinyl chloride plastic pressure-sensitive electrical insulating tape.
- D2308-07. Standard specification for thermoplastic polyethylene jacket for electrical wire and cable.
- D2633-08. Standard test methods for thermoplastic insulations and jackets for wire and cable.
- D2671-00-2007-e1. Standard test methods for heat-shrinkable tubing for electrical use.
- D2865M-06. Standard practice for calibration of standards and equipment for electrical insulating materials testing.
- D3006-99-2004. Standard specification for polyethylene plastic pressure-sensitive electrical insulating tape.
- D3554-07. Standard specification for track-resistant black thermoplastic high-density polyethylene insulation for wire and cable, 75 °C operation.
- D3555-07. Standard specification for track-resistant black crosslinked polyethylene insulation for wire and cable, 90°C operation.

- D3638-07. Standard test method for comparative tracking index of electrical insulating materials.
- D3755-97-2004. Standard test method for dielectric breakdown voltage and dielectric strength of solid electrical insulating materials under direct-voltage stress.
- D6096- 07. Standard specification for poly vinyl chloride insulation for wire and cable, 90 °C operation.
- E72-05. Standard test methods of conducting strength tests of panels for building construction.
- E73-83-2007. Standard practice for static load testing of truss assemblies.
- E1974-06. Standard specification for shelter, electrical equipment S-250/G.
- E1975-06. Standard specification for shelter, electrical equipment S-280/G.
- E2377-04. Standard specification for shelter, electrical equipment, lightweight.

CEN

- EN 292. Seguridad de máquinas.
- EN 292-2. Seguridad de máquinas.
- EN 50081-2. Compatibilidad electromagnética (CEM).
- EN 50082-2. Compatibilidad electromagnética (CEM).
- EN 60034-1. Dimensionado y características de máquinas rotatorias.
- EN 60034-5. Grados de protección de las carcasas de máquinas rotatorias.
- EN 60529. Grados de protección de las carcasas (código IP).
- EN 60617. Símbolos gráficos para esquemas (IEC 60617; IEC 617:1996).
- EN 60617-2-1996. Parte 2. Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
- EN 60617-3-1996. Parte 3. Conductores y dispositivos de conexión.
- EN 60617-4-1996. Parte 4. Componentes pasivos básicos.
- EN 60617-5-1996. Parte 5. Semiconductores y tubos de electrones.

- EN 60617-6-1996. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.
- EN 60617-7-1996. Parte 7. Aparatos y dispositivos de control y protección.
- EN 60617-8-1996. Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
- EN 60617-9-1996. Parte 9: Telecomunicaciones. Equipos de conmutación y periféricos.
- EN 60617-10-1996. Parte 10. Telecomunicaciones. Transmisión.
- EN 60617-11-1996. Parte 11. Esquemas y planos de instalaciones arquitectónicas y topográficas.
- EN 60898. Equivale a VDE 0641.
- EN 60947-1. Aparatos eléctricos de baja tensión.

COPANT

- 152-001. Eficiencia energética. Refrigeradores, congeladores y combinados de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- 152-003. Eficiencia energética. Lámparas incandescentes de usos domésticos y similares. Especificaciones y etiquetado.
- 152-004. Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas, circulares y tubulares. Especificaciones y etiquetado.
- 152-006. Eficiencia energética. Aparatos eléctricos fijos de calentamiento instantáneo de agua. Especificaciones y etiquetado.
- 152-009. Eficiencia energética. Calentadores eléctricos de agua para uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- 1707:2006. Eficiencia energética. Refrigeradores, congeladores y combinados de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- 1708:2006. Eficiencia energética. Lámparas incandescentes de usos domésticos y similares. Especificaciones y etiquetado.

DIN

- DIN EN 61010. Parte 1. Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control, regulación y uso en laboratorio.
- DIN VDE 1000. Directrices generales para el diseño seguro de productos técnicos.
- DIN EN VDE 61000-6-2. Compatibilidad electromagnética, inmunidad en entornos industriales.
- 19234. Circuitos electrónicos con amplificadores, para sistemas de desvío con corriente continua.
- 19235. Técnica de mando, indicación de estados operativos.
- 19237. Técnica de mando, conceptos.
- 19239. Técnicas de mando, controladores lógicos programables.
- 19240. Interfaces, periféricos, controles electrónicos.
- 40900. Símbolos de conmutación.
- 40719. Documentación de conexionado, reglas para diagramas de funciones.
- 43880. Tamaños constructivos de un interruptor termomagnético.
- 44300. Proceso de la información, definición.
- 57113. Disposiciones para equipamientos electrónicos en máquinas de tratamiento y proceso con una tensión de hasta 1000 V.
- 66000. Símbolos matemáticos para algebra de conexionados.
- 66001. Simbología para diagramas de flujos de programas.
- 66003. Código de 7 bits (ASCII).
- 66020. Requerimientos de interfaz a entrega de señales bipolares (RS232).
- 66022. Representación de códigos de 7 bits en transferencia de datos.

EEQ S.A.

El contenido de las normas se presentan en dos partes: la Parte "A". Guía para diseño; y, Parte "B". Estructuras tipo y el procedimiento para ejecutar proyectos de distribución.

a) Normas para Sistemas de Distribución – Parte A – Guía para Diseño¹.

Sumario de contenido

- Sección A-01. Notas generales.
- Sección A-02. Definiciones y abreviaturas.
- Sección A-03. Código de símbolos.
- Sección A-04. Planos, dimensiones y escalas.
- Sección A-10. Metodología general.
- Sección A-11. Parámetros de diseño.
- Sección A-12. Dimensionamiento y trazado.
- Sección A-13. Seccionamiento y protecciones.
- Sección A-14. Selección de estructuras de soporte. Cámaras de transformación y canalizaciones tipo.
- Sección A-20. Equipos y materiales.
- Sección A-30. Informe de proyecto.

b) Normas para Sistemas de Distribución – Parte B – Estructuras Tipo².

Sumario de contenido

- Introducción
- Sección B-01. Notas generales.
- Sección B-02. Postes.
- Sección B-03. Instalaciones básicas.
- Sección B-04. Separaciones mínimas.
- Sección B-05. Guía para la utilización de diseños tipo y listas de materiales.
- Sección B-10. Estructuras tipo.
- Sección B-20. Tensores y anclajes.
- Sección B-30. Montajes tipo.

¹ [EEQ Parte A.pdf](#)

² [EEQ Parte B.pdf](#)

- Sección B-35. Identificación de fases y circuitos.
- Sección B-40. Detalles de fijación.
- Sección B-50. Conexiones a tierra.
- Sección B-60. Alumbrado público.
- Sección B-70. Redes subterráneas.
- Sección B-80. Unidades de construcción.
- Apéndices

EIA/TIA

- ANSI/EIA/TIA 526-7. Mediciones de atenuación en fibra óptica monomodo.
- ANSI/EIA/TIA 526-14, A. Mediciones de atenuación en fibra óptica multimodo.
- ANSI/EIA/TIA 568-A, B1. Estándar para cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.
- ANSI/EIA/TIA 568-A, B2. Balance de los componentes del cableado en par trenzado.
- ANSI/EIA/TIA 568, B3. Estándar de los componentes para cableado en fibra óptica.
- ANSI/EIA/TIA 569. Estándar para espacios y ductos para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales³.
- ANSI/EIA/TIA 606. Administración de la infraestructura del cableado de telecomunicaciones.
- ANSI/EIA/TIA 607. Requerimientos de puesta a tierra y puenteado de telecomunicaciones para edificios comerciales.
- ANSI/EIA/TIA 758. Estándar para cableados de telecomunicaciones en el exterior del edificio.
- EIA-471. Símbolos y etiquetas para dispositivos sensitivos a electrostática.

³ [ANSI-EIA-TIA 569A.pdf](#)

IEC

- 269. Fusibles de baja tensión de alta capacidad de ruptura para uso industrial.
- 287. Cálculo de la corriente admisible en cables en régimen permanente, factor de carga 100%.
- 479. Efectos de la corriente de paso a través del cuerpo humano.
- 781. Guía de aplicación para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes eléctricas de baja tensión radiales.
- 898. Disyuntores para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra las sobrecorrientes.
- 909. Cálculo de la corriente de cortocircuito en redes trifásicas de corriente alterna.
- 947-1. Reglas generales para los mecanismos de conmutación y control de baja tensión (tensión nominal 1000 Vac o 1.500 Vcc máximo).
- 947-2. Dispositivos de baja tensión. Disyuntores. Interruptores automáticos industriales en BT.
- 947-3. Interruptores, seccionadores, interruptores seccionadores y seccionadores fusibles (antes IEC 408).
- 947-4. Dispositivos de baja tensión. Guardamotores termomagnéticos.
- 947-4-1. Contactores y arrancadores de motores (antes IEC 158-1 y IEC 292).
- 947-4-2. Reguladores y arrancadores con semiconductores para motores de corriente alterna.
- 947-5-1. Reglas generales para dispositivos de control de circuitos y elementos de conmutación.

IEC 947-5-1									
Categoría de designación y utilización		Corriente nominal de funcionamiento Ie (A) a la tensión nominal de funcionamiento Ue						Valores asignados VA	
		120V	240V	380V	480V	500V	600V	Cierre	Ruptura
AC15	A600	6	3	1,9	1,5	1,4	1,2	7200	720
AC15	A300	6	3	-	-	-	-	7200	720
AC15	B300	3	1,5	-	-	-	-	3600	360
AC14	D300	0,6	0,3	-	-	-	-	432	72
		125V	250V						
DC13	Q300	0,55	0,27					69	69
DC13	R300	0,22	0,1					28	28

Tabla. A2.1. Capacidad eléctrica para dispositivos de control.

- 947-6-1. Materiales de conexión de transferencia automática.
- 1000-4-3. Compatibilidad Electromagnética. Corresponde a la inmunidad de los equipos eléctricos y electromagnéticos contra la energía electromagnética radiada. Establece los niveles de pruebas y los procesos de pruebas requeridos.
- 1024-1. Protección contra sobretensiones. Protección de edificios contra el rayo (Parte 1. Principios generales).
- 1312-1. Protección contra sobretensiones. División en zonas y zonas de protección contra rayos.
- 60044-1. Transformadores de intensidad.
- 60044-2. Transformadores de tensión.
- 60050-161. Establece como compatibilidad electromagnética a la habilidad de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su lugar de trabajo sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables a nadie en su entorno.
- 60079-1. Construcción y pruebas de cajas antideflagrantes de aparatos eléctricos.
- 60079-1A. Método de prueba para la determinación de la máxima brecha de seguridad experimental.
- 60079-2. Aparatos eléctricos. Tipo de protección "p".

- 60079-3. Aparato de prueba de chispas para circuitos con seguridad intrínseca.
- 60079-4. Método de prueba para temperatura de ignición.
- 60079-5. Aparatos rellenos de arena.
- 60079-6. Aparatos sumergidos en aceite.
- 60079-7. Construcción y prueba de aparatos eléctricos. Tipo de protección “e”.
- 60079-10. Clasificación de áreas de alto riesgo.
- 60079-11. Construcción y pruebas en aparatos con seguridad intrínseca y otros equipos relacionados.
- 60079-12. Clasificación de mezclas de gases o vapor con aire de acuerdo con su máxima brecha de seguridad experimental y mínimas corrientes de ignición.
- 60079-13. Construcción y uso de salas o edificaciones protegidas mediante presurización.
- 60079-14. Instalación eléctrica en atmósferas de gas explosivas (distintas a las minas).
- 60064. Lámparas de filamento de tungsteno par uso general.
- 60081. Lámparas tubulares de fluorescencia para alumbrado general.
- 60086. Pilas eléctricas.
- 60095. Baterías de plomo-ácido.
- 60146. Terminología. Trata de los convertidores estáticos y de las UPS.
- 60167. Lámparas de vapor de mercurio y halogenuros.
- 60188. Lámparas de descarga de vapor de mercurio a alta presión.
- 60227. Cables. Conductores eléctricos.
- 60228-1978. Conductors for insulated cables.
- 60255. Relé de medida y dispositivo de protección.
- 60265-1. Interruptores de alta tensión.
- 60269-1:1998. Fusibles para bajo voltaje. Requerimientos generales.
- 60269-2. Fusibles para bajo voltaje. Fusibles para aplicaciones industriales.
- 60287. Cables. Conductores eléctricos.
- 60332. Prueba de conductores eléctricos bajo condiciones de incendio.

- 60335. Aparatos domésticos.
- 60357. Lámparas de tungsteno halógeno (exceptuados los vehículos).
- 60364. Instalaciones eléctricas en edificios comerciales.
- 60364-3. Determinación de las características generales. Descripción de los sistemas de distribución TN, TT e IT, y sistemas de tierra.
- 60364-4-13. Precisa que, si la tensión de contacto (U_C) tiene el riesgo de sobrepasar la tensión U_L , la duración de la aplicación de la tensión de defecto debe de limitarse mediante la actuación de dispositivos de protección.
- 60364-4-41. Protección contra choques eléctricos.
- 60364-4-43. Protección contra sobretensiones de origen atmosférico o debido a maniobras.
- 60364-4-46:1981. Isolation and switching.
- 60364-5-54:1980. Earthing arrangements and protective conductors.
- 60364-6. Low-voltage electrical installations. Part 6: Verification. Instalaciones eléctricas para baja tensión. Parte 6: Verificación.
- 60432. Prescripciones de seguridad para las lámparas de filamento de tungsteno, para uso doméstico e iluminación general.
- 60439. Tableros eléctricos en baja tensión (BT).
- 60445:1999. Principios fundamentales y de seguridad para la interfaz hombre-máquina (HMI). Identificación de los bornes de equipos y de los terminales de ciertos conductores designados, y reglas generales para un sistema alfanumérico.
- 60479. Tensión límite convencional U_L .
- **60529. Degree of protection by enclosures (IP Code).** Este estándar describe un sistema para clasificar los grados de protección aportados al equipamiento eléctrico por los contenedores que los protegen (72,5 kV máximo). Este estándar está diseñado para calificar de manera numérica a un producto en el nivel de protección que su contenedor le proporciona. Al asignar diferentes códigos numéricos, el grado de protección del producto puede ser identificado de manera rápida y con facilidad. Así, por ejemplo, en el código IP54, las letras IP (International Protection) identifican al estándar mientras que el valor 5 en el primer dígito describe

el nivel de protección ante objetos sólidos y el valor 4 en el segundo dígito describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua). Cuando no sea necesario especificar el primer o segundo dígito, se sustituirá por la letra "X" ("XX" si no se requieren los dos dígitos).

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos		Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido)
0	Sin Protección	0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	1	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	2	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	3	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	4	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	5	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	6	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	7	
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	8	

Tabla. A2.2. Código IP.

En la Tabla. A2.3 se muestran los símbolos utilizados en el Código IP:

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros
NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.			

Tabla. A2.3. Símbolos utilizados normalmente para los grados de protección.

El *Código IK* es un sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por la envolvente contra los impactos mecánicos nocivos, protegiendo así los materiales o equipos en su interior.

Este código se designa con un número graduado desde 0 hasta 10; a medida que el número va aumentando indica que la energía del impacto mecánico sobre la envolvente es mayor. Este número siempre se muestra formado por 2 cifras. Por ejemplo, el grado de protección IK 05, no quiere más que indicar el número 5.

En la Tabla A2.4 se indican los diferentes grados de protección IK con la energía del impacto asociada a cada uno. También se indica la equivalencia en peso y altura de caída de la pieza de golpeo sobre la envolvente, de forma que, por ejemplo, un grado de protección IK 07 es aquel en el que la envolvente, en los puntos que se consideran como más

débiles, soportaría un impacto de una pieza de poliamida o de acero redondeada, de peso 500 g y que cayera desde una altura de 400 mm.

Grado IK	IK 00	IK 01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energía (J)	--	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Masa y altura de la pieza de golpeo	--	0,2 kg 70 mm	0,2 kg 100 mm	0,2 kg 175 mm	0,2 kg 250 mm	0,2 kg 350 mm	0,5 kg 200 mm	0,5 kg 400 mm	1,7 kg 295 mm	5 kg 200 mm	5 kg 400 mm

Tabla. A2.4. Grados de protección IK.

- 60598. Luminarias.
- 60598-1-2-3. Luminaries for road and street lighting. Particular requirements.
- 60614. Conductos de cables para instalaciones eléctricas.
- 60662. High pressure sodium vapour lamps.
- 60694. Cláusulas comunes para equipos de alta tensión.
- 60724:1984. Guía para limitar la temperatura de cortocircuito de cables eléctricos que no excedan un rango de voltaje de 0,6/1,0 kV.
- 60742. Transformadores de seguridad.
- 60882. Prescripciones de precalentamiento para las lámparas tubulares de fluorescencia sin cebador.
- 60883. Enchufes y tomacorrientes.
- 60884. Enchufes y tomacorrientes.
- 60898:1995. Accesorios eléctricos. Breakers. Equivale a VDE 0641.
- 60901. Lámparas de fluorescencia de casquillo único. Prescripciones de seguridad y prestaciones.
- 60922. Ballasts for discharge lamps (excluding tubular fluorescent lamps). General and safety requirements.
- 60923. Ballasts for discharge lamps (excluding tubular fluorescent lamps). Performance requirements.
- 60926. Starting devices (other than glow starters). General and safety requirements.
- 60927. Starting devices (other than glow starters). Performance requirements.

- 60928. Balastos electrónicos alimentados con corriente alterna para lámparas tubulares de fluorescencia. Prescripciones generales y prescripciones de seguridad.
- 60947-1. Conmutación y control en bajo voltaje. Reglas generales.
- 60947-2. Define la característica de disparo por sobrecarga del interruptor y rige a los interruptores automáticos utilizados en ambientes industriales.
- 60947-4-1:1999. Conmutación y control en bajo voltaje. Parte 4-1: Contactores y arrancadores.
- 60968. Lámparas de balasto integrado para el alumbrado general. Prescripciones de seguridad.
- 60969. Lámparas de balasto integrado para el alumbrado general. Prescripciones de prestaciones.
- 61000-2-1. Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica.
- 61000-3-2. En baja tensión se establecen límites de emisión para familias de equipos.
- 61000-3-6. Una forma para asegurar los niveles de compatibilidad es especificar los límites de emisiones del usuario con suficiente margen por debajo de los niveles de compatibilidad, lo que es posible en las instalaciones grandes.
- 61000-3-7. Calidad del Suministro de Energía Eléctrica.
- 61000-4-7. Armónicos. General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment.
- 61000-4-13. Calidad del Suministro de Energía Eléctrica.
- 61000-4-15. Flicker. Flickermeter. Functional and design specifications.
- 61000-4-30. Testing and measurement techniques. Power quality measurement methods. Precisión de la medida.
 1. Class A: Equipos usados donde es necesario mediciones precisas, por ejemplo, las que se refieren los estándares.

Influence quantities	Testing state 1	Testing state 2	Testing state 3
Frequency	$f_{nom} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$
Voltage magnitude	$U_{din} \pm 1 \%$	Determined by flicker, unbalance, harmonics, interharmonics (below)	Determined by flicker, unbalance, harmonics, interharmonics (below)
Flicker	$P_{st} < 0,1$	$P_{st} = 1 \pm 0,1$ – rectangular modulation at 39 changes per minute	$P_{st} = 4 \pm 0,1$ – rectangular modulation at 110 changes per minute NOTE This only applies to 10-min values. For other values, use $P_{st} = 0$ to 0,1
Unbalance	0 % to 0,5 % of U_{din}	0,73% \pm 0,5 % of U_{din} Phase A 0,80% \pm 0,5 % of U_{din} Phase B 0,87% \pm 0,5 % of U_{din} Phase C all phase angles 120°	1,52% \pm 0,5 % of U_{din} Phase A 1,40% \pm 0,5 % of U_{din} Phase B 1,28% \pm 0,5 % of U_{din} Phase C all phase angles 120°
Harmonics	0% to 3 % of U_{din}	10 % \pm 3 % of U_{din} 3 rd at 0° 5 % \pm 3 % of U_{din} 5 th at 0° 5 % \pm 3 % of U_{din} 29 th at 0°	10 % \pm 3 % of U_{din} 7 th at 180° 5 % \pm 3 % of U_{din} 13 th at 0° 5 % \pm 3 % of U_{din} 25 th at 0°
Interharmonics	0% to 0,5 % of U_{din}	1 % \pm 0,5 % of U_{din} at $7,5 f_{nom}$	1 % \pm 0,5 % of U_{din} at $3,5 f_{nom}$

Tabla. A2.5. Clase A: Estado de pruebas.

2. Class B: Los equipos pueden ser usados en la obtención de datos estadísticos y en otras aplicaciones donde no se requiere precisión.

- 61009. Protección contra sobrecorriente. Breakers.
- 61048. Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits. Performance requirements.
- 61049. Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits. General and safety requirements.
- 61082. Preparación de la documentación usada en electrotecnia.
- 61082-1:1991. Parte 1: Requerimientos generales.
- 61082-2:1993. Parte 2: Orientación de las funciones en los esquemas.
- 61082-3:1993. Parte 3: Esquemas, tablas y listas de conexiones.
- 61082-4:1996. Parte 4: Documentos de localización e instalación.
- 61340-5-1. Protección de dispositivos electrónicos contra fenómenos electroestáticos. Requerimientos generales.
- 61558. Transformadores de seguridad.
- 61643-1:1998. Etapas de protecciones de sobretensión y sus pruebas.
- 62271-100 (60056). Disyuntores de corriente alterna de alta tensión.
- 62271-102 (60129). Seccionadores y seccionadores de tierra de corriente alterna.

- 62271-200 (60298). Equipos con envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas comprendidas entre 1 y 52 kV.
- 62305. Protección contra sobretensiones.
- 67004-21. Características de bases o casquillos para bombillas.

IEEE

- Los estándares de la Asociación IEEE (IEEE-SA) se refieren a la energía y potencia eléctrica, tecnologías de la información, telecomunicaciones, transporte, cuidado médico y otros campos como la nanotecnología, cyberseguridad y tecnología verde.
- C57.110-1986. IEEE Recommended practice for establishing transformers capability when supplying non sinusoidal load currents.
- C62.41.2-2002. Categorías de localización de sobretensiones.
- C95.1. Norma sobre niveles de seguridad con respecto a la exposición del ser humano a los campos electromagnéticos de frecuencias radioeléctricas (3 kHz a 300 GHz).
- ANSI C114.1-1973 / IEEE Standard 142-1972. Práctica recomendada para aterramientos de sistemas de potencia industriales y comerciales.
- 519. Contenido de armónicos en las redes ocasionados por cargas no lineales.
- 519-1992. IEEE recommended practice for harmonic control in electrical power. Referentes a la emisión de armónicos de tensión.
- ANSI-IEEE 1100-1992. IEEE Recommended practice powering sensitive electronic equipment.

INEN

a) Normas Técnicas Ecuatorianas por ICS:

- 01.040.31: Electrónica (Vocabularios).
NTE 0451:81. Vocabulario electrotécnico. Definiciones fundamentales.
- 01.080.10: Símbolos de información pública.
NTE 0439:84. Colores, señales y símbolos de seguridad.

NTE 0440:84. Colores de identificación de tuberías.

GPE 38:87. Guía de práctica. Signos visuales para interiores de edificios.

- 29.020: Ingeniería eléctrica en general.

NTE 0070:76. Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Telecomunicaciones.

NTE 0077:76. Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos.

- 29.050: Superconductividad y materiales conductores.

NTE 0332:78. Materiales metálicos para uso eléctrico. Determinación de la resistividad volumétrica.

- 29.060: Alambres y cables eléctricos.

NTE 2345:04. Conductores y alambres aislados con material termoplástico. Requisitos.

- 29.060.01: Alambres y cables eléctricos en general.

NTE 2170:00. Conductores de aluminio cableado concéntrico, reforzado con núcleo de acero recubierto (ACSR). Requisitos.

NTE 2171:00. Alambres de aleación de aluminio 5005-H19 desnudos, para uso eléctrico. Requisitos.

NTE 2172:00. Conductores de aluminio cableado concéntrico, aleación 5005-H19. Requisitos.

NTE 2173:00. Alambres de cobre duro de sección circular para uso eléctrico. Requisitos.

NTE 2174:00. Alambres de cobre semiduro de sección circular para uso eléctrico. Requisitos.

NTE 2175:00. Alambres de cobre blando o recocido de sección circular para uso eléctrico. Requisitos.

NTE 2214:00. Conductores de cobre duro, semiduro o blando, cableado concéntrico. Requisitos.

NTE 2344:04. Alambres. Magneto. Requisitos.

- 29.060.10. Alambres.

NTE 0210:78. Conductores, alambres y cables para uso eléctrico. Definiciones.

- NTE 0331:78. Alambres de aluminio desnudo de sección circular para uso eléctrico.
- NTE 0333:78. Alambres de cobre desnudos de sección circular para uso eléctrico.
- NTE 0334:78. Alambre de cobre electrolítico.
- NTE 0335:78. Cables desnudos de aluminio para uso eléctrico.
- 29.120.10. Tubos - conductos para uso eléctrico.

NTE 1869:99. Tubos de cloruro de polivinilo rígido (PVC) para canalizaciones telefónicas y eléctricas. Requisitos.

NTE 2227:99. Tubos de cloruro de polivinilo rígido (PVC) de pared estructurada e interior lisa y accesorios para canalizaciones telefónicas y eléctricas. Requisitos.
 - 29.140.20. Lámparas incandescentes.

NTE 0329:96. Lámparas incandescentes de filamento de tungsteno para alumbrado general.
 - 29.140.30. Lámparas fluorescentes. Lámparas de descarga.

NTE 036:08. Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado.

NTE IEC 901:02. Lámparas fluorescentes compactas. Especificaciones de rendimiento.

NTE IEC 968:03. Lámparas con balasto integrado para iluminación general. Requisitos de seguridad.

NTE IEC 969:03. Lámparas con balasto integrado para iluminación general. Requisitos de desempeño.
 - 29.180. Transformadores. Reactores.

NTE 2110:98. Transformadores. Definiciones.

NTE 2111:04. Transformadores de distribución. Pruebas eléctricas.

NTE 2112:98. Transformadores. Devanados y sus derivaciones.

NTE 2113:98. Transformadores. Determinación de pérdidas y corriente sin carga.

NTE 2114:04. Transformadores monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito.

NTE 2115:04. Transformadores de distribución nuevos trifásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito.

NTE 2116:98. Transformadores. Impedancia y pérdidas con carga.

NTE 2117:98. Transformadores. Relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular.

NTE 2118:98. Transformadores. Medida de la resistencia de los devanados.

NTE 2119:98. Transformadores. Prueba de calentamiento para transformadores sumergidos en aceite con elevación de 65 °C de temperatura en los devanados.

NTE 2120:98. Transformadores. Requisitos.

NTE 2125:98. Transformadores. Pruebas del dieléctrico.

NTE 2126:98. Transformadores. Límites de calentamiento.

NTE 2127:98. Transformadores. Niveles de aislamiento.

NTE 2128:98. Transformadores. Requisitos de funcionamiento en condiciones de altitud y temperatura diferentes de las normalizadas.

NTE 2129:98. Transformadores. Determinación del voltaje de cortocircuito.

NTE 2130:98. Transformadores. Placa de características.

NTE 2131:04. Transformadores de distribución. Valores nominales de potencias aparentes.

NTE 2132:04. Transformadores de distribución. Transformadores reconstruidos.

NTE 2133:98. Transformadores. Aceites aislantes para transformadores e interruptores. Requisitos.

NTE 2138:98. Transformadores. Certificado de pruebas para transformadores.

NTE 2139:98. Transformadores monofásicos. Accesorios.

NTE 2140:98. Transformadores trifásicos. Accesorios.

NTE 2394:07. Documentación. Elementos de datos y formatos de intercambio de información. Presentación de fechas y tiempos.

NTE 2394:07. Guía para fórmulas de evaluación de pérdidas en transformadores de potencia y distribución.

- 29.220. Pilas y baterías galvánicas.
Pilas secas. Requisitos.
- 29.240.01. Redes de transmisión y distribución de energía en general.

NTE 1753:90. Urbanización. Redes de distribución de energía eléctrica. Requisitos.

- 29.240.30. Equipo de control para sistemas de energía eléctrica.
NTE 0279:80. Contadores de energía eléctrica de inducción monofásicos. Clase 2. Definiciones.
NTE 0280:80. Contadores de energía eléctrica de inducción monofásicos clase 2. Requisitos.
NTE 0281:80. Contadores de energía eléctrica de inducción monofásicos clase 2. Recepción de lotes.
- 91.060. Elementos de edificios.
GPE 26:79. Guía de Práctica. Uso de medidas preferidas para la construcción. Armarios sueltos.
- 91.160. Iluminación.
CPE 14:87. Código de práctica para alumbrado público.
- 91.160.10. Iluminación interior.
NTE 1150:84. Iluminación natural de edificios. Definiciones.
NTE 1151:84. Iluminación natural de edificios. Métodos de determinación.
NTE 1152:84. Iluminación natural de edificios. Requisitos.
NTE 1153:84. Iluminación natural en escuelas. Requisitos.
NTE 1154:84. Iluminación natural de edificios para fábricas y talleres. Requisitos.

IRAM

- IRAM-IAPG-IEC 79. Materiales eléctricos para atmósferas gaseosas explosivas.
- IRAM-NM 243. Cables aislados con policloruro de vinilo (PVC) o aislados con compuesto termofijo elastomérico para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive. Inspección y recepción.
- IRAM-NM 244. Conductores y cables aislados. Ensayo de tensión en seco entre electrodos.

- IRAM-NM 274. Cables flexibles aislados con caucho de siliconas, unipolares sin envoltura y multipolares con envoltura, resistentes al calor, para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive.
- IRAM-NM 280. Conductores de cables aislados. (IEC 60228, MOD.).
- IRAM-IEC 1241. Materiales eléctricos para uso en presencia de polvo combustible. Parte 1: Materiales eléctricos protegidos por envolturas.
- IRAM-AADL J 2001. Vocabulario electrotécnico internacional. Luminotecnia.
- IRAM-AADL J 2002. Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales.
- IRAM-AADL J 2003. Iluminación natural en edificios. Métodos de determinación.
- IRAM-AADL J 2004. Iluminación en escuelas. Características.
- IRAM-AADL J 2005. Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Características.
- IRAM-AADL J 2006. Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación.
- IRAM-AADL J 2009. Luminotecnia. Reflectancia. Preparación de óxido de magnesio para ser utilizado como patrón.
- IRAM-AADL J 2015. Luminotecnia. Iluminación artificial en interiores. Métodos de cálculo.
- IRAM-AADL J 2027. Alumbrado de emergencia en interiores de establecimientos.
- IRAM-AADL J 2028. Luminarias.
- 2001. Tensiones eléctricas normalizadas argentinas e internacionales.
- 2002. Cobre recocido patrón para uso eléctrico.
- 2004. Conductores eléctricos de cobre, desnudos, para líneas aéreas de energía.
- 2005. Caños de acero, roscados y sus accesorios para instalaciones eléctricas. Tipo semipesado.
- 2006. Tomacorrientes, aparatos y enchufes. Exigencias generales.
- 2009. Lámparas de filamento de tungsteno doble espiralado para uso doméstico y alumbrado general. Requisitos de funcionamiento.

- 2010. Símbolos gráficos electrotécnicos.
- 2011. Alambres de cobre recocido. Para conductores eléctricos.
- 2012. Método de verificación de las características mecánicas del aislante de conductores eléctricos (caucho o sucedáneos).
- 2014. Fusibles para corriente alterna en tensiones de hasta 250 V contra tierra. Características generales.
- 2016. Medidores de energía eléctrica para corriente alterna. (De conexión directa).
- 2018. Transformadores de potencia. Ensayos de calentamiento.
- 2025. Transformadores de medición.
- 2026. Materiales aislantes eléctricos. Aceites minerales aislantes nuevos, para transformadores y equipamiento de maniobra. Requisitos.
- 2027. Balastos para lámparas tubulares fluorescentes.
- 2030. Cinta aisladora con soporte textil.
- 2032. Accesorios para instalaciones eléctricas fijas, de baja tensión. Cajas metálicas para embutir, lisas. Ensayos mecánicos de compresión de cajas rectangulares.
- 2036. Lámparas tubulares fluorescentes para alumbrado general.
- 2052. Enchufes para aparatos eléctricos de calefacción. Bipolares, sin toma de tierra y tensión nominal de 220 V eficaces.
- 2053. Identificación de los bornes y terminales eléctricos.
- 2058. Método de verificación de las características del aislante de cables eléctricos (caucho y sucedáneos).
- 2060. Medidores de energía eléctrica reactiva.
- 2063. Aparatos eléctricos bipolares sin toma de tierra, de 10 A, 250 V de corriente alterna, para usos domiciliarios y similares.
- 2071. Tomacorrientes bipolares con toma de tierra para uso en instalaciones fijas domiciliarias. De 10 A y 20 A, 250 V de corriente alterna.
- 2086. Enchufes de acoplamiento con toma a tierra. Bipolares, para instalaciones eléctricas domiciliarias y tensión nominal de 220 V eficaces.
- 2088. Enchufes de acoplamiento. Bipolares, sin toma de tierra y tensión nominal de 220 V eficaces.

- 2099. Transformadores de potencia.
- 2104. Transformadores de potencia. Métodos de medición de la relación de transformación y de fase.
- 2107. Resistencia dieléctrica de materiales aislantes.
- 2112. Transformadores de potencia. Comportamiento ante cortocircuitos externos.
- 2113. Balastos de referencia. Para ensayos de balastos y de lámparas tubulares fluorescentes.
- 2121. Cortacircuitos fusibles, con portafusibles a rosca para tensiones no mayores de 500 V. Requisitos particulares.
- 2122. Interruptores de baja tensión en aire, seccionadores en aire, seccionadores bajo carga en aire y combinados con fusibles.
- 2167. Aisladores con tensión nominal mayor que 1000 V. Ensayo de radio-interferencia.
- 2169. Interruptores automáticos de sobreintensidad para usos domésticos y aplicaciones similares.
- 2180. Aislaciones eléctricas. Evaluación y clasificación térmica.
- 2181. Conjuntos de equipos de maniobra y comando de baja tensión.
- 2184. Protección de las estructuras contra las descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Se especifican las consideraciones para la instalación de la línea de pararrayos.
- 2195. Tableros eléctricos de maniobra y de comando bajo cubierta metálica. Ensayos dieléctricos.
- 2200. Tableros eléctricos de maniobra y de comando bajo cubierta metálica.
- 2204. Descargadores de sobretensión. Recomendaciones para su selección y utilización.
- 2208. Interruptores de corriente alterna, para tensiones mayores de 1 kV. Especificaciones relativas al calentamiento.
- 2226. Pararrayos para la protección de estructuras y de edificios. Punta Franklin normalizada (PFN) para ensayos comparativos de evaluación de pararrayos en laboratorios de alta tensión.
- 2241. Cinta aisladora con soporte textil y dorso plastificado.

- 2245. Cortacircuitos fusibles de baja tensión.
- 2250. Transformadores de distribución. Características y accesorios normalizados.
- 2268. Cables con conductores de cobre aislados con material termoplástico a base de policloruro de vinilo (PVC). Para control, señalización, medición, protección y comandos eléctricos a distancia con tensiones nominales de hasta 1,1 kV inclusive, protegidos.
- 2281. Puesta a tierra de sistemas eléctricos.
- 2292. Seguridad de aparatos eléctricos y electrónicos de uso doméstico y similar. Inspección y recepción.
- 2301. Interruptores automáticos de corriente diferencial de fuga para usos domésticos y análogos.
- 2314. Materiales para puesta a tierra. Jabalina electroquímica (electrodo dinámico electrolítico) y sus accesorios.
- 2315. Materiales para puesta a tierra. Soldadura cuproaluminotérmica.
- 2316. Materiales para puesta a tierra. Jabalina perfil L de acero cincado y sus accesorios.
- 2317. Materiales para puesta a tierra. Jabalina perfil cruz de acero cincado y sus accesorios.
- 2325. Aislación eléctrica. Guía para la evaluación de su estado por mediciones de su resistencia.
- 2358. Corrientes de cortocircuito. Métodos para el cálculo de sus efectos.
- 2359. Tableros eléctricos.
- 2362. Alumbrado eléctrico de emergencia. Luminaria autónoma no permanente para dos lámparas incandescentes.
- 2370. Aparatos eléctricos y electrónicos. Clasificación por su protección contra choques eléctricos.
- 2371. Efectos del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano.
- 2372. Electrotecnia. Código literal para la designación de colores.
- 2374. Órganos de mando de baja tensión. Direcciones normalizadas de movimiento.
- 2375. Indicadores luminosos y pulsadores. Colores de seguridad.

- 2376. Materiales aislantes eléctricos sólidos. Método de determinación de su inflamabilidad por exposición a una fuente de ignición. (IEC 60707:1981, MOD).
- 2377. Coordinación de la aislación del equipamiento en los sistemas (redes) de baja tensión.
- 2379. Sistemas de distribución eléctrica en corriente alterna. Clasificación según la conexión a tierra de las redes de alimentación y de las masas de las instalaciones eléctricas.
- 2388. Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para seguridad.
- 2398. Tableros eléctricos de baja tensión. Método para la determinación por extrapolación del calentamiento en tableros derivados de serie (TDS).
- 2410. Medidores de energía eléctrica activa de inducción. Definiciones.
- 2425. Riesgos de daños producidos por las descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Guía para su evaluación.
- 2426. Pararrayos con dispositivo de cebado para la protección de estructuras y de edificios. Condiciones generales de fabricación y ensayos de evaluación de los pararrayos en laboratorios de alta tensión.
- 2428. Pararrayos "Tipo Franklin", y sus accesorios para la protección de estructuras y de edificaciones. Condiciones generales de fabricación y ensayos de vida útil.
- 2437. Transformadores y reactores. Determinación de los niveles de ruido.
- 2457. Lámparas de vapor de sodio de alta presión.
- 2465. Balastos electrónicos alimentados con tensión alterna para lámparas fluorescentes tubulares.
- 2491. Compatibilidad electromagnética (CEM).
- 2492-3. Aparatos electrodomésticos y equipos eléctricos similares. Perturbaciones producidas en las redes de alimentación. Fluctuaciones de tensión.
- 4172. Sistemas de alarma. Detectores infrarrojos pasivos utilizados en los edificios. Requisitos.
- 4221. Fibras ópticas, multimodo de índice gradual de 50/125 μm . Características geométricas, ópticas y de transmisión.

- 4224. Fibras ópticas. Características mecánicas y ambientales. Métodos de medición.
- 4225. Cables con fibras ópticas.
- 62005. Accesorios para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y similares. Cajas metálicas para embutir, lisas "Tipo semipesado".
- 62084. Sistemas de cable-canales y conductos para cables de instalaciones eléctricas de baja tensión y complementarias. (SERIE IEC 61084. MOD).
- 62266. Cables de potencia y de control y comando con aislación extruida, de baja emisión de humos y libres de halógenos (LSOH), para una tensión nominal de 1 kV.
- 62386. Sistemas de caños y accesorios para instalaciones eléctricas y complementarias.
- 62404. Etiquetado de eficiencia energética para lámparas eléctricas para iluminación general.
- 62492. Guía para la aplicación de los límites de las fluctuaciones de tensión de los aparatos electrodomésticos. (Complemento explicativo de la norma IRAM 2492-Parte III).
- 62670. Accesorios para instalaciones eléctricas fijas de baja tensión (domésticas y similares). Requisitos generales para sus envolturas.
- 62742. Registradores e interfaz de comunicación para ser conectados a medidores de energía eléctrica. Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo.
- 62922. Equipo complementario de iluminación. Balastos para lámparas de descarga (excluyendo las lámparas tubulares fluorescentes). Requisitos generales y de seguridad.
- 62923. Equipo complementario de iluminación. Balastos para lámparas de descarga (excluyendo las lámparas tubulares fluorescentes). Requisitos de funcionamiento.
- 63001. Cables para acometida aérea con neutro concéntrico aislados con polietileno reticulado (XLPE) para tensiones nominales hasta $(U_0/U) = (0,6/1)$ kV.

- 63002. Cables unipolares para distribución y acometida aéreas aislados con polietileno reticulado (XLPE) para tensiones nominales hasta $(U_0/U) = (0,6/1)$ kV.
- 63071. Tomacorrientes combinados bipolares con toma de tierra, de 250 V de corriente alterna, para uso en instalaciones fijas domiciliarias. Requisitos particulares de seguridad.
- 63072. Tomacorrientes combinados binorma, bipolares con toma de tierra, de 10 A y 250 V de corriente alterna, para uso en instalaciones fijas domiciliarias.
- 63073. Tomacorrientes combinados trinorma, bipolares con toma de tierra, de 250 V de corriente alterna, para uso en prolongadores múltiples de 10 A de corriente nominal. Requisitos particulares de seguridad.
- 63074. Dispositivos eléctricos o electrónicos de maniobra, control, señalización, alimentación y/o protección de instalaciones eléctricas domiciliarias para usos domésticos y similares. Requisitos generales de seguridad eléctrica.
- 63816. Guía sobre los métodos de medición de transitorios de corta duración en líneas de baja tensión de potencia (energía) y de control (comando, señalización y análogos).

ISA

- Normas y Prácticas para la Instrumentación.
- ANSI/ISA S5.1.1984 (R 1992). Símbolos e identificación de los instrumentos. El propósito de esta norma es establecer un medio uniforme para designar los instrumentos y los sistemas de la instrumentación usados en la medición y control.
- RP60.8. Guía eléctrica para centros de control.
- S75.01 Ecuaciones de flujo para el dimensionamiento de válvulas de control.

ISO

- 216. Medidas de papel; por ejemplo ISO A4.
- 690-2.1997. Regula las citas bibliográficas de documentos electrónicos.
- ISO/IEC 11801. Normas para cableado estructurado.

NEC

- National Electrical Code⁴.

NEMA

- Estándares para productos eléctricos⁵.
- ICS 1. Normas Generales para control y sistemas industriales.
- ICS 2. Dispositivos para el control industrial.
- NEMA/ANSI MG 1. Motores y generadores.
- PB 1. Tableros de control.
- VE1-1998 (CSA C22.2-126.1-98). Sistemas de bandejas para cables metálicos. La norma provee requerimientos técnicos al respecto de la construcción, pruebas y capacidades de bandejas portacables metálicas, esto es, características eléctricas y mecánicas que el producto debe cumplir, inclusive regula la información mínima que debe ser marcada en cada bandeja (fabricante, capacidad de carga, material, código, advertencias para evitar mal uso).
- WC 5. Alambre y cable aislados por termoplástico para transformadores secos y la distribución de energía eléctrica.

NFPA

- ANSI/NFPA-70. Estándares de seguridad eléctrica que protegen a personas y a la propiedad de fuego y riesgos eléctricos⁶.

⁴ [National Electrical Code Key Word Index 2005.pdf](#)

⁵ [ELECTRICAL STANDARDS & PRODUCT GUIDE 2007.pdf](#)

⁶ [NFPA 70 National Electrical Code 2005.pdf](#)

- NFPA-70B. Recommended practice for electrical equipment maintenance. Prácticas recomendadas para el mantenimiento de equipo eléctrico.

NOM

- 001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (utilización)⁷.
- 002-SEDE-1999. Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.
- 016-1997. Eficiencia energética de motores de corriente alterna trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de uso general en potencia nominal de 0,746 a 149,2 kW. Límites, método de prueba y marcado.
- 017. Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba.
- 025-STPS-1999. Condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.
- 063-SCFI. Productos eléctricos. Conductores. Requisitos de seguridad.
- 064-SCFI-2000. Productos eléctricos, luminarias para uso en interiores y exteriores. Especificaciones de seguridad y Métodos de prueba.
- 066-SCT1-1994. Vocabulario electrotécnico. Parte 1. Definiciones fundamentales.
- 080-SCT1-1994. Diagramas, gráficas y tablas utilizadas en electrónica.
- 113-ECOL-1998. Protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución.
- 114-ECOL-1998. Protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión.

NTC

- Normas Técnicas de Colombia⁸.

⁷ [Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.pdf](#)

⁸ [RETIE – COLOMBIA.pdf](#)

- 189. Electrotecnia. Bombillas eléctricas de filamento de tungsteno para uso doméstico y usos similares de iluminación en general.
- 318. Tubos fluorescentes para alumbrado general.
- 900. Código de alumbrado público.
- 1056. Postes de eucalipto para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones.
- 1133. Balastos de reactancia para tubos fluorescente.
- 1470. Electrotecnia. Casquillos y portalámparas roscados E27 y E40 o Mogul (E39). Dimensiones y galgas de verificación.
- 2076. Electricidad. Galvanizado por inmersión en caliente para herrajes y perfiles estructurales de hierro y acero.
- 2117. Balastos para bombillas de descarga de alta intensidad. Especificaciones.
- 2118. Balastos para bombillas de descarga de alta intensidad. Ensayos.
- 2119. Bombillas de vapor de mercurio a alta presión.
- 2134. Condensadores fijos para aplicación de corriente alterna.
- 2222. Maderas. Postes de pino para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones.
- 2230. Electrotecnia. Luminarias.
- 2243. Bombillas de vapor de sodio a alta presión.
- 2393. Bombillas eléctricas de halogenuros metálicos de 400 W.
- 2394. Bombillas eléctricas de halogenuros metálicos de 1000 W.
- 2466. Equipo de control a baja tensión, contactores.
- 2470. Dispositivos de fotocontrol intercambiables para alumbrado.
- 3200-1-2. Arrancadores para bombillas de sodio alta presión.
- 3279. Grados de protección dado por encerramiento de equipo eléctrico (Grados IP).
- 3281. Bombillas de vapor de mercurio. Métodos para medir sus características.
- 3547. Electrotecnia. Controles para sistemas de iluminación exterior.
- 3657. Pérdidas máximas en balastos para bombillas de alta intensidad de descarga.

- 4545. Métodos de ensayo para la medición de pérdidas de potencia en balastos.
- 5101. Eficiencia energética. Bombillas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado.
- 5102. Bombillas fluorescentes de dos casquillos.
- 5103. Eficiencia energética. Bombillas eléctricas de filamento de tungsteno para uso doméstico y usos similares de iluminación en general. Rangos de desempeño energético y etiquetado.
- 5109. Medición del flujo luminoso.

NTP

- Normas Técnicas del Perú⁹.
- 370.052:1999. Seguridad eléctrica. Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra.
- 370.053:1999. Seguridad eléctrica. Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra.
- 370.054:1999. Seguridad eléctrica. Enchufes y tomacorrientes con protección a tierra para uso doméstico y uso general similar.
- 370.055:1999. Seguridad eléctrica. Sistema de puesta a tierra. Glosario de términos.
- 370.056:1999. Seguridad eléctrica. Electrodo de cobre para puesta a tierra.
- 370.250. Conductores eléctricos. Conductores para cables aislados. Está basada en la norma IEC 60228-1978: Conductors for insulated cables; y en la norma UL 370.252. Conductores eléctricos. Cables aislados con cloruro de polivinilo para tensiones hasta e inclusive 450/750 V. Está basada en la norma IEC 60227 Partes 1 al 5.
- 370.253. Conductores eléctricos. Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 600 V.
- 370.300:2001. Instalaciones eléctricas en edificios.

⁹ [NORMA DGE-PERÚ. SIMBOLOS GRAFICOS EN ELECTRICIDAD.pdf](#)

- 1581-2001. Reference standard for electrical wires, cables and flexible cords.

SI

- NTE INEN 1. Sistema Internacional de Unidades.

Las 7 unidades fundamentales del SI han sido seleccionadas por razones históricas y prácticas y constan en la Tabla. A2.6.

Cantidad	Unidad fundamental SI	
	Nombre	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	amperio	A
temperatura termodinámica	kelvin	K
cantidad de sustancia	mole	mol
intensidad luminosa	candela	cd

Tabla. A2.6. Unidades fundamentales del SI.

Cantidad	Unidad SI derivada	Expresada en términos de unidades básicas SI y unidades derivadas SI
Frecuencia	hertzio, Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Fuerza	newton, N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
Presión, esfuerzo	pascal, Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
Energía, trabajo, cantidad de calor	julio, J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
Potencia, flujo de energía	vatio, W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	culombio, C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
Potencial eléctrico, diferencia de potencial, tensión eléctrica, fuerza electromotriz	voltio, V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
Capacitancia	faradio, F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
Resistencia eléctrica	ohmio, Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Conductancia eléctrica	siemens, S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
Flujo magnético	weber, Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
Densidad de flujo magnético	tesla, T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
Inductancia	henrio, H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
Flujo luminoso	lumen, lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
Luminancia	lux, lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

Tabla. A2.7. Unidades derivadas del SI con nombres y símbolos especiales.

Un prefijo combinado con una unidad denota que la unidad está multiplicada por cierta potencia de diez. La nueva unidad se llama un múltiplo o sub-múltiplo (decimales). Ver la Tabla. A2.8:

Factor	Prefijos SI	
	Nombre	Símbolo
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yocto	y

Tabla. A2.8. Múltiplos y submúltiplos para uso con las unidades del SI

- NTE INEN 2. Símbolos de magnitudes y constantes físicas.
- NTE INEN 53. Conversión de Unidades al SI.
- NTE INEN 2 056. Metrología. Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales.

SISTEMA MÉTRICO

La Organización Internacional de Normalización ISO ha publicado las Normas: ISO-31. Cantidades y unidades; ISO-1000. Unidades del SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de otras unidades, las cuales han sido incorporadas como las NTE INEN 1, 2, 47, 48, 52 y 53.

Este sistema considera la sección de los conductores en mm². Algunas de las secciones normalizadas se muestran en la Tabla. A2.9:

mm ²	mm ²
0,50	35,00
0,75	50,00
1,00	70,00
1,50	95,00
2,50	120,00
4,00	150,00
6,00	240,00
10,00	300,00
16,00	400,00
25,00	

Tabla. A2.9. Valores normalizados de secciones de conductores

En la Tabla. A2.10 se relaciona la sección de los conductores expresadas en mm² con los calibres AWG y las secciones MCM.

mm ²	AWG	MCM
2,08	14	
3,31	12	
5,27	10	
8,37	8	
13,30	6	
16,80		
21,12	4	
26,70		
33,54	2	
42,40		
53,52	0	
67,35	00	
84,91	000	
107,41	0000	
126,37		250
151,85		300
177,28		350
203,19		400

Tabla. A2.10. Equivalencias de secciones de conductores

VDE

- 0022. Compendio de disposiciones para la Asociación VDE.
- 0100. Normas de seguridad. Protection against electrical shock. Disposiciones sobre instalación de sistemas de alto voltaje con tensiones de hasta 1000 V. Construcción de medios operativos eléctricos, puesta en tierra, conductor protector y conductores compensadores de potencial.
- 0102. Cálculo de las impedancias de cortocircuito y cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes trifásicas con tensiones nominales superiores a 1 kV.
- 0106-1. Protección contra choques eléctricos, clasificación de equipos eléctricos y electrónicos.

- 0110. Coordinación de instalaciones en sistemas de bajo voltaje, incluyendo recorrido de fluidos.
- 0113. Equivale a DIN 57113.
- 0160. Disposiciones sobre equipamiento de sistemas de alto voltaje. Equivale a DIN 57160.
- 0185. Generalidades acerca de la construcción de sistemas pararrayos.
- 0190. Compensación principal de potencial en sistemas eléctricos.
- 0411-1. Instrucciones de seguridad para instrumentos eléctricos de medida, control, regulación y de laboratorio.
- 0413-5. Medida de resistencia de puesta a tierra.
- 0470-1. Comprobadores y procedimientos de prueba. Clases de protección de carcasas (código IP).
- 0641. Construcción y ensayos de un interruptor termomagnético. Una de las propiedades de estos interruptores es que su capacidad asignada de ruptura se divide en clases. Estas clases señalan la máxima intensidad de la corriente de cortocircuito que el aparato puede desconectar. Las clases de capacidades asignadas de ruptura de interruptores cortacircuitos automáticos, según la norma DIN VDE 0641, Parte 11 son: 3000 A, 4500 A, 6000 A, 10000 A, 15000 A y 25000 A.
- 0675-6. Descargador de corriente de rayos.
- 0701. Reparación, modificación y ensayo de aparatos eléctricos.
- 0838. Normas de compatibilidad electromagnética.
- 0855. Instalación de sistemas de antenas.
- 0875. Protección contra interferencias.
- 2880. Controladores lógicos programables.
- 3260. Diagramas de funciones para máquinas fabriles y documentación.

UL

- 44-2002. Thermoset-insulated wire and cables.
- 48. Electric signs.
- 50. Enclosures for electrical equipment.
- 62-2001. Flexible cord and fixture wires.

- 83-2001. Thermoplastic insulated wires and cables.
- 94. Test for flammability of plastic materials for parts in devices and appliance.
- 347. High voltage industrial control equipment.
- 365. Police station connected burglar alarm units and systems.
- 486A. Normas de conectores.
- 486B. Normas de conectores.
- 486E. Normas de conectores.
- 506. Specialty transformers.
- 508. Industrial control equipment.
- 508A. Industrial control panels.
- 508B. Outline of investigation for relays used in information technology equipment.
- 508C. Power conversion equipment.
- 508E. Power conversion equipment.
- 514 A. Metallic outlet boxes.
- 514C. Non metallic outlet boxes, device boxes, and covers.
- 603. Power supplies for use with burglar-alarm systems.
- 609. Local burglar alarm units and systems.
- 634. Connectors and switches for use with burglar-alarm systems.
- 636. Hold-up alarm units and systems.
- 681. Installation and classification of burglar and hold-up alarm systems.
- 698A. Industrial control panels relating to hazardous (classified) locations.
- 746C. Polymeric materials. Use in electrical equipment evaluations.
- 857. Busways and associated.
- 879. Electrode receptacles for gas-tube signs.
- 935. Balastos para tubos fluorescentes.
- 943. Los dispositivos GFCI (interruptores de circuito de fuga en conexiones a tierra) deberán estar calibrados para dispararse dentro de la concentración mínima de 5 mA, ± 1 mA.
- 1023. Household burglar-alarm system units.
- 1076. Proprietary burglar alarm units and systems.
- 1059. Standard for terminal blocks.

- 1433. Control centers for changing message type electric signs.
- 1449. Standard for safety transient voltage surge suppressors.
- 1574. Track lighting systems.
- 1581-2001. Reference standard for electrical wires, cables and flexible cords.
- 1598. Luminaires.
- 1598A. Supplemental requirements for luminaries for installation on marine vessels.
- 1598B. Supplemental requirements for luminaire reflector kits for installation on previously installed fluorescent luminaries.
- 1610. Central-station burglar-alarm units.
- 1635. Digital alarm communicator system units.
- 1641. Installation and classification of residential burglar alarm systems.
- 1773. Standard for termination boxes.
- 1993. Self-ballasted lamps and lamp adapters.

ANEXO 3

HISTORIA DE LAS NORMAS ELÉCTRICAS

Historia de los primeros tiempos

La historia de las normas eléctricas se inicia con las actividades realizadas por el *American Institute of Electric Engineers (AIEE)*. En 1884, comenzó el instituto a desarrollar con gran actividad especificaciones normalizadas para el crecimiento de la industria eléctrica. En 1890, propuso que se llamara *Henry* a la unidad práctica de autoinducción. Al mismo tiempo, el instituto nombró a su primer comité de normalización, el *Committee on Units and Standards*. Los miembros de este comité fueron A. E. Kennelly, presidente, F. B. Crocker, W. E. Geyer, G. A. Hamilton y G. B. Prescott, Jr. El instituto forma además un “Standard Wiring Table Committee”, bajo la dirección de E. B. Crocker, para asignar la resistencia lineal del alambre de cobre de conductividad normal y a las temperaturas normales.

Se nombró un comité para preparar un programa para los delegados al *Congreso Eléctrico Internacional* que tuvo lugar en Chicago en 1893, en relación con las unidades, normas y nomenclatura. Como resultados del congreso se adoptaron unidades para la fuerza magnetomotriz (gilbert), para el flujo (weber), para la reluctancia (oersted) y para la densidad de flujo (gauss). Posteriormente, como resultado de la relación tenida con las grandes organizaciones de ingeniería de Inglaterra, Francia y Alemania, se adoptó el término “*inductancia*”, para representar el coeficiente de inducción (con el símbolo L) y se propuso por parte de Steinmetz la definición actual del término “*reactancia*”, la cual fue adoptada.

Las primeras normas eléctricas

En 1896 tuvo lugar una conferencia con el nombre de “*Nacional Conference of Standard Electrical Rules*”. La conferencia fue presidida por el profesor F. B. Crocker y en cooperación con otras organizaciones nacionales (U.S.A.), la conferencia promulgó las llamadas “*Underwriters Rules*” o reglas para aseguradores, que finalmente se convirtieron en el *National Electrical Code*.

En 1897, el *Comité de Unidades y Normas* recomendó la adopción del estándar de intensidad luminosa o candlepower, como la salida o producto de una lámpara de acetato de amilo Hefner-Alteneck. También recomendó que se adoptara la pantalla fotométrica Lummer-Brodhun para medir la intensidad horizontal media de las lámparas incandescentes.

Al principio de 1898, se organizó una discusión sobre el tema de “Normalización de Generadores, Motores y Transformadores”. Esta dio como resultado la formación del primer comité del AIEE sobre normas de productos, el cual publicó en 1899, el primer conjunto de normas eléctricas, bajo el título de “Report of the Committee on Standardization”.

National Bureau of Standards

El instituto fue el primero en promover el proyecto de una ley ante el Congreso de Estados Unidos, en 1901, para establecer un departamento nacional de normalización (National Standardizing Bureau) en Washington, D.C., “para la construcción, custodia y comparación de normas o estándares para uso en trabajo científico y técnico”. Este departamento llegó a conocerse como el *National Bureau of Standards* y ha tenido una marcada influencia en el crecimiento de la tecnología en Estados Unidos.

Normas eléctricas internacionales

En 1904 se celebró un congreso eléctrico internacional en St. Louis, que sentó un precedente para posteriores congresos internacionales relacionados con

las unidades y normas eléctricas. El congreso recomendó de manera unánime el establecimiento de dos comités. El *Comité 1* estaba formado por representantes del gobierno y era responsable de la conversión legal de las unidades y estándares. Este comité ha evolucionado ahora para convertirse en la *Internacional Conference on Weights and Measures (GPMU)*. El *Comité 2*, del cual se eligió presidente a Lord Kelvin, era responsable de las normas relacionadas con los productos comerciales usados en la industria eléctrica y se convirtió después en la *Internacional Electrotechnical Comisión (IEC)*.

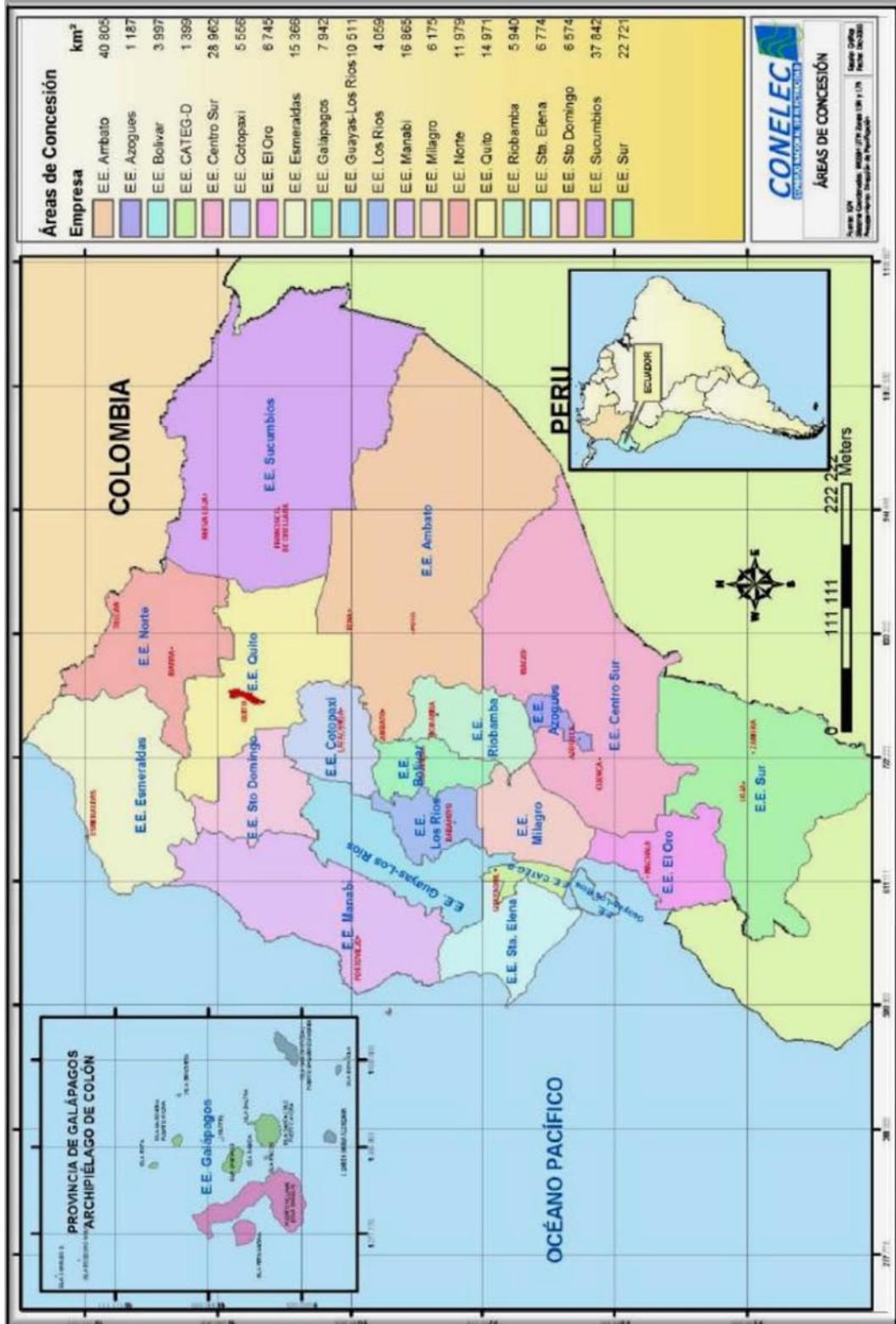
Otro cuerpo internacional, el *Internacional Committee on Illumination* (Comisión Internacional de l'Eclairage, CIE), tuvo su primera reunión en 1913. El CIE establece unidades, normas y nomenclatura de carácter internacional, en la ciencia y la tecnología de la luz y la iluminación.

La normalización en los tiempos actuales

Las actividades de normalización internacional, fueron coordinadas por la Organización de Naciones Unidas. Esta actividad vino a resultar en 1947 en la fundación de la ISO o *International Organization for Standards*. A este cuerpo se le hizo responsable de la normalización en todos los campos que no hubiera cubierto ya el IEC. Las dos organizaciones, aunque separadas y distintas, coordinan sus actividades y comparten unas instalaciones comunes situadas en Génova, Suiza. En Estados Unidos, el sistema de normas voluntarias está desarrollado y la mayoría de las organizaciones coordinan sus actividades por intermedio de ANSI, el *American National Standards*, organización que sucedió al ASA.

ANEXO 4

ÁREAS DE CONCESIÓN DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS



GLOSARIO

TÉRMINOS TÉCNICOS

Acometida. Derivación que conecta la red del suministrador de energía eléctrica a las instalaciones del usuario.

Ajuste de un instrumento de medida. Operación destinada a llevar a un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización.

Aparamenta. Equipo proporcionado para ser conectado a un circuito eléctrico con la finalidad de realizar una o más de las siguientes funciones: protección, control, aislamiento, maniobra.

Apartarrayos. Dispositivo de protección que limita las sobretensiones transitorias en los circuitos y equipos eléctricos, descargando la sobrecorriente transitoria asociada; previene el flujo continuo de corriente a tierra y es capaz de repetir esa función.

As-Built. Plano actualizado de acuerdo a lo construido.

Auditoría Energética. Una auditoría general involucra desde la evaluación completa del sistema eléctrico de la edificación, hasta el análisis de subsistemas o sistemas secundarios tales como: sistema de alimentación, sistema de transformación, sistema de distribución, centro de control de motores, sistema de iluminación, centros de compensación de energía reactiva y otros sistemas de control y seguridad.

Banco de capacitores. Grupo, unidad o paquete de capacitores montados en un gabinete con un equipo de control (para corrección manual ó automática) del factor de potencia.

Calibración. Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

Canalización. Canal cerrado o abierto de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñados para contener conductores eléctricos.

Capacidad nominal de apertura. La capacidad nominal de apertura de un contactor es un valor de corriente que el contactor puede interrumpir sin un desgaste exagerado de los contactos o emisión excesiva de llama, bajo condiciones establecidas de apertura y a la tensión nominal de empleo.

Capacidad nominal de cierre. La capacidad nominal de cierre de un contactor es un valor de corriente determinado bajo condiciones estacionarias que el contactor puede establecer sin que se suelden o haya un desgaste exagerado de sus contactos o emisión excesiva de llama, bajo condiciones de cierre establecidas.

Clasificación de áreas peligrosas. Es el ordenamiento de las áreas de una instalación en función de un riesgo por la presencia de atmósferas peligrosas. Para la clasificación de áreas peligrosas, se elabora uno ó más planos, tomando como base el diagrama de proceso e instrumentación, el plano de arreglo general de equipo y los tipos de fluidos peligrosos que se manejan. Este plano permite seleccionar equipos y materiales.

Conductor de puesta a tierra. Conductor utilizado para conectar a tierra un equipo.

Conductor puesto a tierra. Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

Corriente de cortocircuito (potencia de cortocircuito). Los elementos tienen una capacidad de ruptura, esto es, soportar las corrientes de cortocircuito sin que se produzcan daños una vez desaparecida la falla. Los elementos se seleccionan determinando que la corriente de cortocircuito para lo que fue diseñado tiene que ser mayor que la corriente de cortocircuito que circulará durante la falla.

Corriente de fuga (en una instalación). Corriente que, en ausencia de una falla, fluye a la tierra o a partes conductoras extrañas a la instalación eléctrica en un circuito.

Corriente diferencial residual. Suma algebraica de los valores instantáneos de la corriente que fluye a través de todos los conductores activos de un circuito en un punto de la instalación eléctrica.

Corriente nominal. Se refiere a que la corriente nominal del elemento tiene que ser mayor que la corriente nominal de la carga donde se instalará.

Corriente nominal de empleo (I_e). La corriente nominal de empleo es la indicada en el aparato y está definida a valores nominales de tensión y frecuencia, para una determinada categoría y de acuerdo al tipo de envoltura de protección.

Corriente nominal térmica (I_{th}). La corriente nominal térmica de un contactor es la máxima corriente que puede soportar durante 8 horas de servicio sin que la temperatura de las diversas partes exceda el límite especificado por las normas, en ausencia de maniobras de cierre y apertura, estando sin caja y al aire libre (en ambiente interior razonablemente exento de polvo y sin radiaciones externas).

Corriente residual. Corriente resultante de la composición vectorial de las tres corrientes de fase en un sistema trifásico.

Directriz. Las directrices recomiendan acciones basándose en un conjunto de principios de diseño. Generalmente son más específicas que los principios y requieren menos experiencia para entenderlas e interpretarlas que éstos.

Eficacia. Capacidad para cumplir en cantidad y calidad las metas y objetivos establecidos.

Eficiencia. Logro de los objetivos y metas con el mínimo de recursos, incluido el tiempo.

Error de medida. Resultado de una medición menos un valor verdadero del mensurando.

Errores máximos permitidos de un instrumento de medida. Valores extremos de un error permitido por especificaciones, reglamentos, para un instrumento de medida dado.

Estándar. Es un requisito, regla o recomendación basada en principios probados y en la práctica. Representa un acuerdo de un grupo de profesionales oficialmente autorizados a nivel local, nacional o internacional.

Exactitud de medida. Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando. El concepto "exactitud" es cualitativo.

Gestión. Acción y efecto de administrar.

GPRS. Global Packet Radio Service. Servicio General de Paquetes Vía Radio.

Grado de protección. Es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños, agua o contra los impactos mecánicos exteriores, y que además se verifica mediante métodos de ensayo normalizados.

GSM. Group Special Mobile. Global System for Mobile Communications. Sistema Global para Comunicaciones Móviles.

Memorias de cálculo. Son los cálculos de ingeniería de diseño que se realizan y que sirven de base para el desarrollo de la ingeniería básica principalmente, de la ingeniería de detalle y permiten definir equipos y materiales.

Mensurando. Magnitud particular sometida a medición.

Nivel de protección de un dispositivo de protección contra sobretensiones. Son los valores de cresta de las tensiones más elevadas admisibles en los bornes de un dispositivo de protección cuando está sometido a sobretensiones de formas normalizadas y valores asignados bajo condiciones especificadas.

Norma. Es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Las normas son el resultado del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad que es objeto de ella. Además deben ser aprobadas por un organismo normalizador reconocido. Las normas contienen en definitiva, criterios precisos, reglas, guías que aseguran que los materiales, productos, procesos y servicios están hechos con la calidad necesaria para alcanzar sus objetivos. Contribuyen a hacer la vida más simple y a incrementar la fiabilidad y efectividad de los bienes y servicios que se utilizan.

Normatividad. Normas o conjunto de normas.

Pararrayos. Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas que se conecta directamente a tierra, sin interconexión al sistema eléctrico.

Patrón de referencia. Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

Persona calificada. Persona con formación profesional y experiencia que lo hacen capaz de evitar peligros y evitar los riesgos que podría generar la electricidad.

Potencia nominal de empleo. Es la máxima potencia que un contactor puede controlar y está generalmente definida con valores que se corresponden con las potencias de motores normalizados.

Red de tierras. Es una red de protección usada para establecer un potencial uniforme en y alrededor de alguna estructura. Está unido sólidamente a los electrodos de tierra.

Resistencia de conexión a tierra. Es la resistencia de conexión a tierra del sistema medida respecto a una tierra remota.

Resistividad del suelo. Es la resistencia por unidad de longitud, específica del terreno, determinada en el lugar donde se localiza o se va a localizar el sistema de tierra.

Seccionamiento. Función destinada a cortar, por razones de seguridad, el suministro de alimentación de todas o una sección separada de la instalación mediante la separación o seccionamiento de cada fuente de energía eléctrica.

Sensibilidad. Cociente del incremento de la respuesta de un instrumento de medida por el incremento correspondiente de la señal de entrada.

Tensiones de comando. Especifica el valor de la tensión de los elementos que son accionados en los diferentes comandos.

Tensión nominal. Se refiere a que la tensión de elemento o equipamiento tiene que ser mayor que la tensión nominal de servicio. Se tiene en cuenta las características dieléctricas de los elementos.

Tensión nominal de aislamiento (Ui). La tensión nominal de aislamiento de un contactor es el valor de tensión al cual se refieren las pruebas dieléctricas, las distancias en el aire y las longitudes de contorno.

Tensión nominal de empleo (Ue). La tensión nominal de empleo de un contactor es el valor de tensión que combinado con el valor de corriente nominal de empleo, determina la aplicación del contactor y al que están referidos el poder de cierre y apertura, el tipo de servicio y la categoría de empleo. A un contactor puede asignarse un número de combinaciones de tensiones y corrientes nominales de trabajo para diferentes servicios y categorías de utilización.

Tierra (suelo). Elemento de dispersión o atenuación de las corrientes eléctricas.

Tipo de montaje. Forma en que se montarán los elementos en los tableros.

Temperatura de trabajo. Ambiente donde se instalarán y utilizarán los elementos.

Unidad de medida. Magnitud particular, definida y adoptada por convenio, con la que se comparan otras magnitudes de la misma naturaleza para expresarlas cuantitativamente con respecto a esta magnitud.

Vida eléctrica. Se refiere a la resistencia al desgaste eléctrico. Se caracteriza por el número de operaciones con carga correspondiente a las condiciones de servicio definidas que pueden realizar el 90% o más cantidad de contactores de un determinado tipo antes que sea necesaria la reparación o el reemplazo de sus contactos.

Vida mecánica. Se refiere a la resistencia al desgaste mecánico. Se caracteriza por el número de operaciones sin carga (es decir sin corriente en los contactos principales) que pueden realizar el 90% o más cantidad de contactores de un determinado tipo antes que sea necesaria la reparación o el reemplazo de sus partes mecánicas. Se permite, sin embargo, el mantenimiento normal que incluye el reemplazo de los contactos.

DATASHEETS

DATASHEET A

Central de medida PM500.

DATASHEET B

Fluke 43B Analizador eléctrico avanzado.

DATASHEET C

Analizadores trifásicos de calidad eléctrica Serie 430.

Medida de los valores medios			
Intensidades medias	fases y neutro	■	■
Potencias medias activa, reactiva y aparente	total	■	■
Maximos de los valores medios			
Máx. de la intensidad media	fases y neutro	■	■
Máx. de las potencias medias activas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de las potencias medias reactivas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de la potencia media aparente	total	■	■
Medidas de calidad de la energía			
Tasa de distorsión armónica (THD)	intensidades y tensiones	■	■
Puesta a cero			
Máx. intensidades medias y máx. potencias medias		■	■
Contadores de energía y contador horario		■	■
Contadores de las entradas ⁽²⁾		■	■
Parametrización local o a distancia mediante opción de comunicación RS485 Modbus			
Tipo de red	trifásica con 3 o 4 hilos con 1, 2 o 3 TI, bifásica o monofásica	■	■
Calibre de los transformadores de intensidad	primario de 5 a 9999 A secundario 5 o 1 A	■	■
Transformadores de tensión	primario 399 kV max. secundario 100, 110, 115, 120, $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$, $115/\sqrt{3}$, $120/\sqrt{3}$	■	■
Modo de cálculo del Factor de Potencia	IEC o IEEE	■	■
Periodo de cálculo de las intensidades medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext. ⁽³⁾		■	■
Periodo de cálculo de las potencias medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext. ⁽³⁾		■	■

- (1) la explotación a distancia precisa del módulo opcional de comunicación RS485.
 (2) con módulo opcional de entradas/salidas IO22.
 (3) con módulo opcional de impulsos IO11.

Características de los módulos opcionales

La central de medida PM500 puede ser equipada de módulos opcionales, fácilmente encajables en cualquier momento por el usuario. Los módulos se encajan en cualquiera de los emplazamientos de la parte posterior del PM500 pudiéndose utilizar como máximo 1 módulo de cada tipo. Se dispone de 3 módulos opcionales.

Módulo opcional IO11 Puls		Ref 50983	Explotación	
			Local	Distancia
Funciones				
1 entrada	Sincronización o sin utilizar		■	■
1 salida de impulsos para contar energía			■	
Parametrización de la salida de impulsos				
Energía: + kWh, - kWh, +kvarh, - kvarh, kVAh			■	■
Unidades: (0,1, 1, 10, 100 kWh, kvarh o kVAh y 1 o 10 MWh, Mvarh y MVAh)			■	■
Duración del impulso	100 ms a 900 ms en pasos de 100 ms		■	■

Módulo opcional IO22 Alarm		Ref 50984	Explotación	
			Local	Distancia
Funciones				
2 entradas digitales para contar impulsos o reportar estados			■	■
2 salidas relé para:	telemandar vía Modbus o al. de rebase del umbral sup. o inf.		■	■
Parametrización salida				
Parametrización independiente de 2 salidas	modo telemando o modo alarmas		■	■
Parametrización de alarmas				
- Tipo de alarmas: 3I, IN, 3U, 3V, ΣP , ΣQ , ΣS , F, ΣPF , THD 3I, THD IN, THD 3U, THD 3V y TIMER (contador horario)			■	■
- Valor de los umbrales superior e inferior con histéresis y temporización			■	■
- Elección del modo de trabajo del relé:	NO o NC		■	■

Módulo opcional RS485 Modbus		Ref 50982	Explotación	
			Local	Distancia
Funciones				
RS485	2 hilos			
Protocolo de comunicación JBus / Modbus ®				
Parametrización				
Dirección de comunicación	1 a 255		■	
Velocidad de Comunicación	2400 a 38400 baudios		■	
Paridad	sin, par, inpar		■	
Bit se stop	1 o 2		■	

DATASHEET B

Fluke 43B

Analizador eléctrico avanzado



Especificaciones

Características de seguridad

El Fluke 43B ⁽¹⁾ ha sido diseñado y comprobado según las normas ANSI/ISA S82.02-02, EN/IEC 61010-1:2001, CAN/CSA-C22.2 No.61010.1-04 (incluyendo homologación), UL3111-1 (incluyendo homologación), correspondientes a los requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.

Características de funcionamiento

FLUKE garantiza las propiedades expresadas en valores numéricos dentro de la tolerancia indicada. Los valores numéricos de no tolerancia especificados indican los que pueden esperarse nominalmente de la media de una serie de herramientas de medición idénticas al ScopeMeter.

Especificaciones de seguridad

Diseñados y verificados para hacer medidas en entornos de Categoría III 600 Vrms, grado de polución 2 de acuerdo con:

- EN/IEC 61010-1:2001
- ANSI/ISA S82.02-01
- CAN/CSA-C22.2 No.61010.1-04 (incluyendo homologación)

¹ [Manual Fluke 43B.pdf](#)

- UL3111-1 (incluyendo homologación)

La categoría III de medida se refiere al nivel de distribución y circuitos fijo en la instalación dentro del edificio.

Tensión máxima de entrada: Entrada 1 y 2

Directa en entradas o con cables de prueba TL24.

0 a 66 kHz.....600 V rms
> 66 kHz.....reducción a 5 V rms

Con adaptador banana a BNC apantallada BB120.

0 a 400 kHz.....300 V rms
> 400 kHz.....reducción a 5 V rms

Tensión máxima flotante

Desde cualquier terminal a masa.

0 a 400 Hz.....600 V rms

Especificaciones de funciones

En todas las especificaciones deben sumarse las especificaciones de la sonda.

Funciones eléctricas

Las especificaciones son válidas para señales con un fundamental de entre 40 Hz y 70 Hz.

Tensión mínima de entrada.....4 V pico a pico
Corriente mínima de entrada.....10 A pico a pico (1 mV/A)
Ancho de banda de entrada.....DC a 15 kHz (salvo que se especifique lo contrario)

Voltios / Amperios / Hz

Lecturas.....V rms (AC+DC), A rms (AC+DC), Hz
Rangos de tensión (auto).....5.000 V a 500.0 V, 1250 V
±(1% + 10 cuentas)
Rangos de corriente (auto).....50.00 A a 500.0 kA, 1250 kA
±(1% + 10 cuentas)
Rango de frecuencia.....10,0 Hz a 15,0 kHz
40,0 a 70,0 Hz.....±(0,5% + 2 cuentas)
Rango de frecuencia de cresta CF.....1.0 a 10.0 ±(5 % + 1 cuenta)

Potencia

(Monofásica y trifásica, cargas equilibradas de tres conductores)

Lecturas.....	Vat, VA, VAR, PF, DPF, Hz
Rangos de Vat, VA, VAR (auto).....	250 W a 250 MW, 625 MW, 1,56 GW
	al seleccionar: total (%rms): $\pm(2\% + 6 \text{ cuentas})$
	al seleccionar: fundamental (%fundamen.): $\pm(4\% + 4 \text{ cuentas})$
DPF.....	0,00 a 1,00
0,00 a 0,25.....	no se especifica
0,25 a 0,90.....	$\pm 0,04$
0,90 a 1,00.....	$\pm 0,03$
PF.....	0,00 a 1,00 $\pm 0,04$
Rango de frecuencia.....	10,0 Hz a 15,0 kHz
40,0 a 70,0 Hz.....	$\pm(0,5\% + 2 \text{ cuentas})$

Armónicos

Número de armónicos.....	DC..21, DC..33, DC..51
Lecturas / lecturas del cursor	
V rms / I rms.....	fundamen. $\pm(3\% + 2 \text{ cuentas})$
	33st $\pm(5\% + 3 \text{ cuentas})$, 51st $\pm(15\% + 5 \text{ cuentas})$
Watt.....	fundamen. $\pm(5\% + 10 \text{ cuentas})$
	33st $\pm(10\% + 10 \text{ cuentas})$, 51st $\pm(30\% + 5 \text{ cuentas})$
Frecuencia de fundamental.....	$\pm 0,25 \text{ Hz}$

Armónicos (continuación)

Fase.....	fundamen. $\pm 3^\circ$51st $\pm 15^\circ$
Factor K (en Amp y Vat).....	$\pm 10\%$

Fluctuaciones

Tiempos de registro (seleccionables).....4 minuto a 8 días, infinito (16 días)

Lecturas

V rms real, A rms real (cálculo ciclo a ciclo).....	$\pm(2\% + 10 \text{ cuentas})$
V rms máx, A rms máx.....	$\pm(2\% + 10 \text{ cuentas})$
V rms mín, A rms mín.....	$\pm(2\% + 10 \text{ cuentas})$

Lecturas del cursor

V rms máx, A rms máx.....	$\pm(2\% + 12 \text{ cuentas})$
V rms media, A rms media.....	$\pm(2\% + 10 \text{ cuentas})$
V rms mín, A rms mín.....	$\pm(2\% + 12 \text{ cuentas})$

Transitorios

Detección de transitorios de tensión.....	> 40 ns
Ancho de banda de entrada 1 útil (con cables de prueba TL24).....	DC a 1 MHz
Señal de referencia.....	V rms, Hz
Después de START, se miden los V rms y la frecuencia de la señal.	
A partir de estos datos se calcula una onda sinusoidal pura.	
Detección cuando los transitorios exceden del nivel de tensión especificado (seleccionable)	
Niveles de tensión.....	20%, 50%, 100%, 200% de la señal de referencia
Número de memorias de transitorio (temporal).....	40
Lecturas del cursor	
V cresta mín, V cresta máx en el cursor.....	$\pm 5\%$ del valor máximo de escala

Entrada

Representación gráfica	
Rangos de corriente (seleccionable).....	1 A, 5 A, 10 A, 50 A, 100 A, 500 A, 1000 A
Tiempos de entrada (seleccionable).....	1 s, 5 s, 10 s, 50 s, 100 s, 5 min
Lecturas del cursor	
A pico máx en el cursor 1.....	$\pm 5\%$ del valor máximo de escala
A pico máx en el cursor 2.....	$\pm 5\%$ del valor máximo de escala
Tiempo entre cursores.....	$\pm(0,2\% + 2 \text{ píxels})$

Osciloscopio

Impedancia de entrada

Entrada 1.....	1 M Ω // 12 pF (± 2 pF). Con BB120: 20 pF ± 3 pF
Entrada 2.....	1 M Ω // 10 pF (± 2 pF). Con BB120: 18 pF ± 3 pF

Horizontal

Modo de base de tiempos (seleccionable).....	Normal, Disparo Único, Roll
Rangos (seleccionables dentro de los modos)	
En Normal.....	5 s a 20 ns/div
En ciclo disparo único.....	5 s a 1 μ s/div
En modo roll.....	60 s a 1s/div
Error de base de tiempos.....	$< \pm(0,4\% + 1 \text{ pixel})$
Velocidad máxima de muestreo	
10 ms a 60 s.....	5 MS/s

20 ns a 10 ms..... 25 MS/s
Fuente de activación (auto, semiautom., manual)..... Entrada 1 o Entrada 2

Vertical

Rangos de tensión.....5,0 mV/div a 500 V/div
Exactitud de la traza $\pm(1\% + 2 \text{ píxeles})$
Ancho de banda de entrada 1 (tensión)
excluyendo cables 1:1 y sondas de prueba.....DC a 20 MHz (-3 dB)
con cables de prueba TL24.....DC a 1 MHz (-3 dB)
con sonda VPS100-R 10:1 (opcional).....DC a 20 MHz (-3 dB)
con cables de prueba apantallados STL120 (opcional)DC a 12.5 MHz (-3 dB)
DC a 20 MHz (-6 dB)
Punto de transición más bajo (acoplamiento en alterna).....10 Hz (-3 dB)
Ancho de banda de entrada 2 (corriente)
con adaptador banana a BNC.....DC a 15 kHz
Punto de transición más bajo (acoplamiento en alterna).....10 Hz (-3 dB)

Lecturas del osciloscopio

La exactitud de todas las lecturas del osciloscopio estará dentro de $\pm(\%$ de lectura + número de cuentas) desde 18 °C a 28 °C, con una humedad relativa de hasta el 90% durante un período de un año tras la calibración. Sume 0.1 x (la exactitud especificada) por cada grado centígrado por debajo de 18 °C o por encima de 28 °C. Es posible que en la pantalla sea visible más de un período de forma de onda.

V DC, A DC..... $\pm(0,5\% + 5 \text{ cuentas})$
V AC y V AC+DC (Verdadero valor eficaz) entrada 1
DC a 60 Hz..... $\pm(1\% + 10 \text{ cuentas})$
60 Hz a 20 kHz..... $\pm(2,5\% + 15 \text{ cuentas})$
20 kHz a 1 MHz..... $\pm(5\% + 20 \text{ cuentas})$
1 MHz a 5 MHz..... $\pm(10\% + 25 \text{ cuentas})$
5 MHz a 20 MHz..... $\pm(30\% + 25 \text{ cuentas})$
A AC y A AC+DC (Verdadero valor eficaz) entrada 2
DC a 60 Hz..... $\pm(1\% + 10 \text{ cuentas})$
60 Hz a 15 kHz..... $\pm(30\% + 25 \text{ cuentas})$
Frecuencia (Hz), ancho de impulso, ciclo de trabajo (2,0% a 98,0%)
1 Hz a 1 MHz..... $\pm(0,5\% + 2 \text{ cuentas})$
1 MHz a 10 MHz..... $\pm(1\% + 2 \text{ cuentas})$
10 MHz a 30 MHz..... $\pm(2,5\% + 2 \text{ cuentas})$
Fase (Entrada 1 a Entrada 2)
1 Hz a 60 Hz..... $\pm 2^\circ$
60 Hz a 400 Hz..... $\pm 5^\circ$
Tensión en pico
Pico máx, Pico mín..... $\pm 5\%$ del valor máximo de escala

Pico a Pico.....	$\pm 10\%$ del valor máximo de escala
Factor de cresta	
Rango.....	1,0 a 10,0 $\pm(5\% + 1 \text{ cuentas})$

Multímetro

Ohmios

Rangos.....	500,0 Ω a 5.000 M Ω , 30,00 M Ω $\pm(0,6\% + 5 \text{ cuentas})$
Medida de corriente máx.....	0,5 mA
Medida de tensión en circuito abierto.....	< 4 V

Diodo

Exactitud.....	$\pm(2\% + 5 \text{ cuentas})$
Medida de corriente máx.....	0,5 mA
Medida de tensión en circuito abierto.....	< 4 V

Continuidad

Pitido.....	< 30 Ω ($\pm 5\Omega$)
Medida de corriente.....	0,5 mA
Detección de cortocircuitos.....	> 1 ms

Capacidad

Rangos.....	50.00 nF a 500.0 μ F $\pm(2\% + 10 \text{ cuentas})$
Medida de corriente máx.....	0,5 mA

Temperatura

Rangos ($^{\circ}$ C o $^{\circ}$ F).....	-100,0 a +400,0 $^{\circ}$ C ó -200,0 a +800,0 $^{\circ}$ F $\pm(0,5\% + 5 \text{ cuentas})$
--	---

Registro

Tiempos de registro (seleccionable).....	4 min a 8 días, infinito (16 días)
Número de lecturas.....	1 ó 2 simultáneamente
Exactitud de las lecturas del cursor.....	Exactitud de la lectura $\pm(2 \text{ píxeles})$

El modo Registro está disponible para las funciones:

- voltios / amperios / Hz
- potencia
- armónicos
- ohmios / continuidad / capacidad

- temperatura
- osciloscopio

Varios

Pantalla

Superficie útil de pantalla.....	72 x 72 mm (2,83 x 2,83 pda.)
Resolución.....	240 x 240 píxeles
Retroiluminación.....	Fluorescente catódico frío (CCFL)

Alimentación

Externa

Adaptador a red.....	PM8907
Tensión de entrada.....	10 a 21 V DC
Potencia.....	5 W típica

Interna

Batería recargable de Ni-MH.....	BP120MH
Rango de tensión.....	4 a 6 V DC
Tiempo de funcionamiento.....	6 horas
Tiempo de carga.....	5 horas con el Fluke 43B apagado 60 horas con el Fluke 43B encendido
Ciclo de refresco.....	12 a 19 horas

Memoria

Número de memorias de pantalla.....	20
Número de memorias transitorias (temporal).....	40

Características físicas

Alto x ancho x fondo.....	232 x 115 x 50 mm (9,1 x 4,5 x 2 pda.)
Peso (incluyendo batería).....	1,1 kg (2,5 lbs)

Interface.....RS232, optoaislada

Impresoras aceptadas.....HP Deskjet®, Laserjet®, PostScript y Epson FX80.
Utilizando el protocolo PCL de HP, Postscript y el protocolo ESC/P de Epson.

En serie vía PM9080 (cable adaptador RS232 optoaislado, opcional).
En paralelo vía PAC91 (cable adaptador de impresora optoaislado, opcional).

Al PC Volcado y carga de configuración y datos

Con el cable OC4USB (cable/adaptador USB aislado ópticamente), o el cable opcional PM9080 (cable/adaptador RS232 ópticamente aislado), empleando el software SW43W (software FlukeView® de análisis de calidad eléctrica).

Condiciones ambientales

Categoría ambiental.....MIL 28800E, Tipo 3, Clase III, Estilo B

Temperatura

En funcionamiento.....0 a 50 °C (32 a 122 °F)
Almacenado.....-20 a 60 °C (-4 a 140 °F)

Humedad

En funcionamiento:

0 a 10 °C (32 a 50 °F).....no condensada
10 a 30 °C (50 a 86 °F)..... 95% ± 5%
30 a 40 °C (86 a 104 °F).....75% ± 5%
40 a 50 °C (104 a 122 °F).....45% ± 5%

Almacenado:

-20 a 60 °C (-4 a 140 °F).....no condensada

Altitud

En funcionamiento.....4,5 km (15.000 pies)
La tensión máxima de entrada y flotante es de 600 V rms hasta 2 km.
Disminución lineal desde 600 a 400 V rms entre 2 km y 4,5 km.
Almacenado.....12 km (40.000 pies)

Vibración.....máx. 3 g

Golpe.....máx. 30 g

Compatibilidad electromagnética (EMC)

Emisión.....EN 50081-1 (1992):EN55022 y EN60555-2
Inmunidad.....EN 50082-2 (1992):IEC1000-4-2, -3, -4, -5

Protección de la envolvente.....IP51, ref: IEC529

Inmunidad electromagnética

El Fluke 43B, incluyendo sus accesorios estándar, cumple la directiva de la CEE 89/336 relativa a inmunidad electromagnética, definida por la IEC1000-4-3, con el añadido de las siguientes tablas.

Perturbación con cables de prueba TL24 o sonda de corriente i400s

- Voltios/amperios/Hz
- Resistencia, capacidad
- Potencia
- Armónicos

Tabla 1

Sin perturbación visible	E = 3 V/m	E = 10 V/m
Frecuencia: 10 kHz - 27 MHz	(-)	(-)
Frecuencia: 27 MHz - 1 GHz	(-)	(-)

(-): sin perturbación visible

Perturbación con cables de prueba TL24 en modo Osciloscopio

- V AC+DC (Verdadero valor eficaz)

Tabla 2

Perturbación inferior al 1% del valor máximo de escala	E = 3 V/m	E = 10 V/m
Frecuencia: 10 kHz - 27 MHz Frecuencia: 27 MHz - 200 MHz Frecuencia: 200 MHz - 1 GHz	2 V/div - 500 V/div 500 mV/div - 500 V/div (-)	10V/div - 500 V/div 2V/div - 500 V/div 5 mV/div - 500 V/div

(-): sin perturbación visible

Tabla 3

Perturbación inferior al 10% del valor máximo de escala	E = 3 V/m	E = 10 V/m
Frecuencia: 10 kHz - 27 MHz Frecuencia: 27 MHz - 200 MHz Frecuencia: 200 MHz - 1 GHz	1 V/div 200m V/div (-)	5 V/div 1 V/div (-)

(-): sin perturbación visible

Los rangos no especificados en las Tablas 2 y 3 pueden tener una perturbación de más del 10% del valor máximo de escala.

Ancho de banda típico: 5 Hz a 10 kHz

Tensión de trabajo: 1000 V CA rms, en conformidad con EN61010

Tensión de modo común: 1000 V CA rms desde tierra, en conformidad con EN61010

Impedancia de carga de entrada (del instrumento central): > 1 M Ω en paralelo con un máximo de 47 pF.

Máxima corriente no destructiva: 1000 A

Ciclo de trabajo: 0,5 A a 400 A continuos

Influencia de conductor adyacente: < 9,0 mA/A

Influencia de la posición del conductor en la abertura de la mordaza: \pm 1,0% de la lectura + 0,05 A

Especificaciones generales

Longitud del cable de salida: 2,5 m

Tamaño máximo del conductor: 32 mm

Temperatura de almacenamiento: -20 °C a 60 °C

Temperatura de funcionamiento: 0 °C a 50 °C

Humedad relativa: 10 °C a 30 °C: 95 %
30 °C a 40 °C: 75 %
40 °C a 50 °C: 45 %

Coeficiente de temperatura: 0,01% x (exactitud especificada)/°C (para temperaturas < 18 °C ó > 28 °C)

Altitud:

En funcionamiento: 2000 m; 2000 m a 4000 m, disminución de clasificación de categoría a 1000 V CAT II/600 V CAT III.

Apagado: 12.000 m

Dimensiones: 150 x 70 x 30 mm

Peso: 114 g

DATASHEET C

Analizadores trifásicos de calidad eléctrica Serie 430

Los analizadores de calidad eléctrica trifásicos 434 y 433 de Fluke ⁽¹⁾ ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución e instalaciones eléctricas trifásicas. Estos instrumentos portátiles de fácil uso cuentan con numerosas e innovadoras funciones para revelarles los indicios que delatan la presencia de problemas de forma más rápida y segura.

- Instrumento completo para la solución de problemas en sistemas trifásicos: mide prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico, como tensión, corriente, potencia, consumo (energía), desequilibrio, flicker, armónicos e interarmónicos. Captura eventos como fluctuaciones, transitorios, interrupciones y cambios rápidos de tensión.
- AutoTrend: no se pierde tiempo en configuraciones de registro de tendencia, ya que cada medida se registra automáticamente. Análisis de las tendencias por medio de la función de zoom y cursores, mientras los registros continúan activos en un segundo plano.
- System-Monitor: esta función ofrece una descripción inmediata de la calidad del sistema eléctrico conforme a los límites especificados en la norma EN50160 o según sus propios límites.
- Cuatro canales: mide simultáneamente la tensión y la corriente en las tres fases y el neutro.
- Visualización de transitorios automática: captura hasta 40 fluctuaciones, interrupciones o transitorios de hasta 5 μ seg.
- Cumple la más estricta norma de seguridad 600 V CAT IV, 1000 V CAT III necesaria para realizar medidas en la entrada de servicio.

¹ [Manual Fluke Analizadores trifásicos.pdf](#) y [Manual Fluke 434 – 435.pdf](#)

- Instrumento portátil y resistente con más de 7 horas de autonomía: incluye juego de baterías recargables NiMH. Su estructura de funcionamiento basada en menús simplifica su manejo.
- Posibilidades de análisis exhaustivos de datos. Los cursores y el zoom se pueden utilizar 'en directo', mientras se realizan las medidas, o 'sin conexión', sobre datos de medida almacenados. Las medidas almacenadas también se pueden transferir a un PC con el software FlukeView (incluido con el modelo Fluke 434).
- El paquete completo incluye todo lo que precisa para comenzar a trabajar: 4 pinzas amperimétricas, 5 cables de prueba y puntas de cocodrilo, cargador de baterías/adaptador de red y estuche rígido.
- Cumple con los requerimientos de medida del estándar IEC 61000-4-30.



Fluke 434

Las funciones avanzadas de interarmónicos, energía, transitorios y corriente de arranque son opcionales en el modelo Fluke 433, pero están incluidas en el modelo Fluke 434.

- Duración de las batería: > 7 horas con batería NiMH recargable (instalada); tiempo de carga de la batería: típicamente 4 horas.
- Seguridad: grado 2 de contaminación según la norma EN61010-1 (2ª edición); 1000 V CAT III / 600 V CAT IV.
- Carcasa: resistente y a prueba de impactos con funda protectora integrada IP51 (contra el polvo y las salpicaduras) Impactos: 30 g; Vibraciones: 3 g, conforme a la Clase 2 de la norma MIL-PRF-28800F.
- Temperatura de trabajo: de 0°C a +50°C.
- Tamaño (LxAxF): 256 mm x 169 mm x 64 mm
- Peso: 2 kg

Especificaciones

Entradas	Número de entradas	4 de tensión y corriente (3 fases + neutro)	
	Tensión máxima de entrada	1000 Vrms (pico de 6kV)	
	Velocidad máxima de muestreo	200 kS/s en cada canal simultáneamente	
Voltios/Amperios/Hz		Rango de medida	Precisión
	Vrms (CA+CC)	1...1000 V	± 0,5% de la tensión nominal
	Vpk	1...1400 V	5% de la tensión nominal
	Factor de cresta	1,0 ... > 2,8	± 5%
	Arms (CA+CC)	0...20,000 A	± 1% ± 5 cuentas
	Amperios de pico	0 - 5500 A	5%
	Factor de cresta	1 ... 10	± 5%
	Hz	50Hz nominal	42.50 ... 57.50 Hz
Fluctuaciones	Vrms (CA+CC) ²	0.0%100% de la tensión nominal	
	Arms (CA+CC) ²	0 ... 20,000 A ¹	
Armónicos	Armónicos (interarmónicos) (n)	DC, 1.50; (desactivado, 1.49) medido respecto a la fundamental o al valor rms total	
	Vrms	0,0 ... 1000 V	± 5% ± 2 cuentas
	Arms	0,0 ... 4000 mV x escala de la pinza de corriente	± 5% ± 5 cuentas
	Vatios	Según escala de la pinza de corriente	± 5% ± n x 2% o lectura, ± 10 cuentas
	Tensión de CC	0,0 ... 1000 V	± 5% ± 10 cuentas
	THD	0,0 ... 100,0 %	± 2,5%
	Hz	0 ... 3500 Hz	± 1 Hz
	Ángulo de fase	-360° ... +360°	± n x 1,5°
	Potencia y energía	Vatios, VA, VAR	1,0 ... 20,00 MVA ¹
kWh, kVAh, kVARh		00.00 ... 200,0 GVAh ¹	± 1,5% ± 10 cuentas
Factor de potencia/Cos φ /DPF		0...1	± 0,03
Flicker (Parpadeo de tensión)	Pst (1minuto), Pst, Plt, PF5	0,00 ... 20,00	±5%
Desequilibrio	Voltios	0,0 ... 5,0%	± 0,5%
	Corriente	0,0 ... 20%	± 1%
Captura de transitorios	Voltios	± 6000 V	± 2,5% de Vrms
	Duración de detección mínima	5 µs (muestreo de 200 kS/s)	
Modo arranque de motores	Arms (CA + CC)	0,000 ... 20,00 kA ¹	± 1% de medidas ± 5 cuentas
	Duración del arranque (seleccionable)	7,5 s ... 30 minutos	± 20 ms (frecuencia nominal = 50 Hz)
Registro AutoTrend	Muestreo	Hasta 100 lecturas por segundo de muestreo continuo por canal	
	Memoria	Hasta 3600 puntos de min, max y promedio	
	Tiempo de registro	Hasta 450 días	
	Zoom	Hasta 12 aumentos de zoom horizontal	

Memoria	Pantallas	50 en Fluke 434; 25 en Fluke 433
	Datos	10 en Fluke 434; 5 en Fluke 433
Normas	Procedimientos de medida utilizados	IEC61000-4-30 clase A; EN50160; IEC 61000-4-15; IEC 61000-4-7

Características

	434	433	43B
Aplicación	Trifásica		Monofásica
Entradas	4 de tensión y 4 de corriente (para 3 fases y neutro)		1 de tensión y 1 de corriente
Medidas			
Vrms, Arms, Hz, W, VAR, VA, PF, Cos φ (DPF), factores de cresta	●	●	●
Armónicos y THD (V, A, W), factor k	●	●	●
Interarmónicos	●	Opcional*	-
kWh y kVARh, kVAh, intervalo de demanda	●	Opcional*	-
Flicker (Plt, Pst, PF5)	●	●	-
Desequilibrio	●	●	-
Registrador/AutoTrend	●/●	●/●	●/-
System-Monitor	●	●	-
Osciloscopio en tiempo real/Diagramas fasoriales	●/●	●/●	●/-
Fluctuaciones/Cálculos en medio ciclo	●/●	●/●	●/-
Visualización de transitorios	●	Opcional*	●
Corriente de arranque	●	Opcional*	●
Conformidad con EN50160	●	●	-
Conformidad con CEI61000-4-30, -4-7, -4-15	●	●	-
Multímetro digital y osciloscopio de propósito general incorporados	-	-	●
Memoria (pantallas/datos)	50/10	25/5 estándar 50/10 opcional*	20 para pantallas y datos
Software FlukeView y cable de comunicación	●	Opcional*	Según la configuración
Categoría de seguridad EN61010	600 V CAT IV/1000 V CAT III		600 V CAT III

Fluke 43B

Tres configuraciones para elegir

	43Basic	43B	43Kit
Pinza amperimétrica	200 A AC	500 A AC	500 A AC
Software FlukeView SW43W		●	●
Cable de comunicación PM9080		●	●
Maletín rígido C120		●	●
Sonda de tensión VPS40		●	
Termómetro por infrarrojos Fluke 61		●	
Registrador de eventos de tensión VR101S			●

La calidad de la red eléctrica es fundamental para mantener la producción y el servicio en sectores tales como el industrial, sanitario y empresarial, o en cualquier otro en el que los equipos eléctricos y electrónicos sean indispensables.

Las cargas no lineales, las conmutaciones, las maniobras de cambio de carga o las propias averías de los equipos pueden ocasionar una mala calidad en el suministro eléctrico. Esta deficiencia no sólo implica un alto coste en términos de energía malgastada y tiempos de inactividad innecesarios, sino que también es peligrosa y aumenta el riesgo de fallos en otros equipos de la instalación.

Fluke cuenta con una incomparable gama de analizadores de calidad eléctrica para ayudar al mantenimiento de sistemas eléctricos. Estas herramientas ofrecen la capacidad necesaria para analizar todos los parámetros, eventos relacionados con la energía o anomalías eléctricas de forma más rápida, segura y detallada que nunca.



El presente Proyecto de Grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica, reposando en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí,

Sr. Jorge Dávila C.

AUTOR

Ing. Víctor Proaño

DIRECTOR DE CARRERA