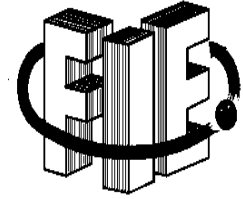




**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

REPORTE DE EXPERIENCIA LABORAL

**“INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES DEDICADOS AL
CUIDADO DE LA SALUD”**

QUE PRESENTA:

J. DAVID CASTRO ZAMORA

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**ASESOR:
INGENIERO ELECTRICISTA
IGNACIO FRANCO TORRES**

Morelia, Michoacán.

Enero 2017.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mis padres ya que gracias a ellos me encuentro en la posición actual, a las instituciones que me han formado, de manera muy especial a la “Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo” de la cual forme parte activa desde la preparatoria en 1972 hasta el término de la licenciatura en 1979 y a la fecha sigue siendo el principal pilar en el desarrollo de mis actividades. A mi familia por el apoyo brindado para realizar este trabajo, a mis maestros por la ayuda incalculable que me dieron para obtener mi formación, a mis amigos y compañeros que alentaron la terminación de la etapa de Licenciatura.

DEDICATORIA

A mi familia y amigos, sin ellos no habría sido posible la culminación de esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice.....	iv
Resumen	vi
Palabras Clave	vii
Abstract.....	viii
Keywords.....	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas.....	xii
Glosario de términos.....	xiii
Capitulo 1.- Antecedentes	1
1.1.- Antecedentes Académicos.....	1
1.2.- Antecedentes Laborales	1
Capitulo 2.- Elaboración del Proyecto.....	5
2.1.- Prologo	5
2.2.- Antecedentes	5
2.3.- Acometida Principal.....	6
2.3.1.- Principio básico de operación de la transferencia.	8
2.4.- Subestación Receptoras y de Distribución.....	9
2.5.- Transformadores.	13
2.6.- Tableros generales de baja tensión.....	16
2.6.1.- Tableros Derivados.	17

2.7.- Alimentadores principales.....	18
2.8.- Tableros de aislamiento.....	21
2.8.1.- Componentes principales de los paneles de aislamiento.....	22
2.8.1.1.-Transformador de aislamiento.....	23
2.8.1.2.- El Monitor de Aislamiento.....	23
2.8.1.3.- Centros de carga.....	23
2.8.1.4.- Los módulos de fuerza (figura 20).....	23
2.8.1.5.- Los contactos grado hospital.....	24
2.9.- Fuentes alternas para respaldo de energía.....	25
2.10.- Corto Circuito.....	29
2.11.- Redes de tierras.....	29
2.12.- Caída de tensión.....	30
Capitulo 3.- Conclusiones y Recomendaciones.....	31
3.1.- Conclusiones.....	31
3.2.- Recomendaciones.....	31
Bibliografía.....	33

RESUMEN

El principal objeto de este trabajo es dar a conocer mi experiencia en el ámbito laboral desde la terminación de la carrera de ingeniería eléctrica hasta la fecha del presente, haciendo hincapié en la formación profesional en el área de proyecto y obra, administración y uso de recursos materiales y humanos para afrontar los retos de las diferentes actividades encomendadas.

De manera particular se trata de resaltar la importancia de las instalaciones eléctricas ya que estas cumplen con un cometido vital en el funcionamiento de cualquier inmueble de ahí la importancia del diseño y ejecución de las mismas cumpliendo con la normatividad elaborada para tal efecto a fin optimizar su uso y evitar riesgo para los equipo y personas que se mueven en su entorno.

El documento principal se refiere a las instalaciones eléctricas en unidades al cuidado de la salud desde clínicas de consulta externa hasta hospitales de alta especialidad enfocado principalmente al desarrollo de los proyectos haciendo mención general de los equipos y materiales que conforman las partes esenciales de las instalaciones eléctricas en unidades médicas y se hace una breve descripción del propósito de cada uno de ellas y de la importancia en la selección adecuada, misma que a la larga traerá el mejor costo beneficio para el cual fue diseñado.

PALABRAS CLAVE

Transferencia automática, factor K13, tipo MC, tablero de aislamiento, quirófano. UPS, Camas-paciente, grado hospital, OA, FA, Encapsulados, Tipo seco

ABSTRACT

In summary I want to validate my experience in the electrical engineering sector since my graduation until today; making an emphasis in the area of design, project and construction, also the material handling solutions and administration of human resources in order to accomplish the challenges of every task.

The main purpose of this document is to highlight the importance of electricity systems, wiring design and implementation of the best materials because the electrical functionality of any building depends on those assignments. Every project must be supported on the current regulations in order to optimize resources and to avoid any risk in equipment and people.

This paper also describes the importance of equipments, materials and regulations that are used in the hospital-grade buildings as doctor's offices, operating rooms and hospitals because of the benefit of making a good selection of these items to generate the best cost-benefit ratio.

KEYWORDS

Automatic transfer, factor K13, MC type, insulation Board, operating room. UPS, Camas-patient, hospital-grade, OA, FA, encapsulated, dry-type

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Transferencia Automática Lado de la Carga.....	7
Figura 2.- Transferencia Automática Lado de la Fuente	8
Figura 3.- Diagrama Unifilar de Transferencia Automática.....	8
Figura 4.- Subestación Receptora	10
Figura 5.- Esquemático de Subestación Receptora.	11
Figura 6.- Subestación de Distribución.....	12
Figura 7.- Arreglo de Acometida Principal y Cuchilla de Paso de Operación en Grupo sin Carga	12
Figura 8.- Diagrama Unifilar de Subestación Receptora y de Distribución	13
Figura 9.- Transformador en Aceite “OA”, Tipo Estación	14
Figura 10.- Transformador Tipo Pedestal	14
Figura 11.- Elementos que conforman el frente de un Transformador de Pedestal.....	15
Figura 12.- Transformador Tipo Seco Encapsulado.	15
Figura 13.- Componentes del Transformador Tipo Seco Encapsulado.....	16
Figura 14.- Tableros Generales de Baja Tensión.....	17
Figura 15.- Tableros Derivados	18
Figura 16.- Alimentadores Principales con Cable Unipolar en Soporte Tipo Charola...	19
Figura 17.- Alimentadores Principales con Cable de Aluminio Tipo MC	19
Figura 18.- Cable de aluminio tipo MC y MC con PVC.	21
Figura 19.- Tablero de Aislamiento en Área de Quirófano.....	22
Figura 20.- Módulos de Fuerza y Tierra	24
Figura 21.- Planta Generadora	26
Figura 22.- Unidad Ininterrumpible de Energía (UPS).....	26

Figura 23.- Unidad de Transferencia Automática Doble.....	27
Figura 24.- Diagrama de Planta Generadora con Tableros de Transferencia Múltiple.	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Tabla comparativa de capacidad de corriente y peso de conductores de cobre y cable de aluminio tipo MC.	20
--	----

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cable MC	Son cables ensamblados de fábrica, con conductores de aleación de aluminio AA-8030 con aislamiento de polietileno de cadena cruzada XHHW- 2 para 600V
FA	Aire Forzado
Factor K13	Norma para evitar ruido del primario al secundario
OA	Aire Natural
UPS	Unidad Ininterrumpible de Energía
XLPE	polietileno reticulado

CAPITULO 1.- ANTECEDENTES

1.1.- ANTECEDENTES ACADÉMICOS

Nací en Santa Ana Maya, Michoacán el 23 de enero de 1957, y a la edad de tres años cambie de residencia a la Ciudad de Morelia donde inicié mi preparación académica, a los seis años ingresé a la Escuela primaria Gregorio Torres Quintero Ubicada en la Colonia Santiaguito de esta capital, terminando esta etapa en el año de 1959. Posteriormente ingresé a la Escuela Técnica Industrial No 60 ubicada frente al actual Zoológico de Morelia donde curse la educación secundaria entre 1959 y 1972. De ahí pase a la preparatoria en el Colegio de San Nicolás de Hidalgo en la especialidad de Ingeniería y Arquitectura, la cual concluí en el año de 1974. Al término de la preparatoria ingresé a la Escuela de Ingeniería Eléctrica en las nuevas instalaciones ubicadas en la Ciudad Universitaria cursando la carrera en el periodo comprendido entre 1974 y 1979. Al término de la carrera ingresé al ámbito laboral.

1.2.- ANTECEDENTES LABORALES.

Mi formación profesional me ha dado un sin número de satisfacciones iniciando con mis prácticas profesionales en la División Centro Occidente de la Comisión Federal de Electricidad, institución que cubre cabalmente las más altas expectativas de cualquier profesional del área eléctrica.

Posterior a esto en un examen de selección tuve la oportunidad de integrarme como empleado al departamento de construcción y específicamente en el área de puesta en servicio de subestaciones eléctricas atendiendo a un programa de estandarización de voltaje (115-13.2 KV) en subestaciones receptoras y de distribución, siendo las principales actividades la ejecución de las pruebas a los equipos tales como; Transformadores de potencia y control, interruptores, cuchillas seccionadoras, apartarrayos, aisladores, reguladores, etc., esto fue práctica común por un periodo de tres años, al igual que el alambrado de los tableros de control y la calibración de los

equipos de protección, señalización y medición. Para tal efecto recibí capacitación en aspectos básicos sobre Protecciones Eléctricas, y Pruebas a Equipo de Subestaciones Eléctricas.

Los lugares donde tuve participación en mayor o menor medida son los siguientes:

- Subestación eléctrica Zamora.
- Subestación eléctrica Zináparo.
- Subestación eléctrica Zacapu.
- Subestación eléctrica Zumpimito.
- Subestación eléctrica Ciudad Industrial Morelia.
- Subestación Eléctrica Lázaro Cárdenas.
- Subestación eléctrica Pihuamo.
- Subestación eléctrica Tecoman.
- Subestación eléctrica Salagua.

Atendiendo a necesidades propias opte por integrarme al sector privado en una empresa denominada Atsugi Mexicana S.A. de C.V., dedicada a la fabricación de autopartes tales como bombas de agua y aceite de uso automotriz y algunas otras piezas fabricadas por inyección de aluminio, iniciando en el área de mantenimiento electromecánico y fui escalando hasta ser responsable del mantenimiento en su totalidad lo que generó la necesidad de ampliar los conocimientos en las disciplinas de máquinas herramientas, soldadura, sistemas hidráulicos y neumáticos así como la fabricación de herramientas y dispositivos propios de la actividad de la empresa. Algo que me marco en mi paso por esta industria fue el concepto de calidad total implementado por la administración y exigido por los fabricantes de autos con afán de sacar al mercado productos 100% confiables. Por lo anterior fue necesario tomar un curso completo de Control estadístico del proceso impartido por el Tecnológico de Monterrey, campus Toluca. En esta empresa estuve ocho años ya que fue necesario el cambio dado el reacomodo en el organigrama por cambio de capital.

De inmediato me integre en una empresa dedicada principalmente a la fabricación de productos para el cuidado del calzado denominada Productos Domésticos de México S.A. de C.V. con la encomienda del mantenimiento y la construcción de dispositivos para el envasado y la automatización de las líneas de producción, dada la experiencia adquirida en el anterior empleo me fue fácil integrarme a mi responsabilidad y estuve por un periodo de dos años.

La inquietud por las empresas del sector automotriz me llevo a integrarme a la empresa denominada Gates Ruber de México S.A. de C.V. dedicada a la fabricación de bandas y mangueras principalmente para uso en automóviles y camiones. En esta empresa el puesto desempeñado fue de jefe de mantenimiento eléctrico y casa de máquinas, siendo nuevo para mí el funcionamiento de calderas, ya que dentro de esta industria el vapor es de uso continuo para el vulcanizado del producto.

Viendo la oportunidad que presentaba la industria en la localidad por la falta de personal especializado en el área eléctrica, decidí dedicarme de manera independiente al proyecto e instalaciones en media y baja tensión, y al mantenimiento de equipo, lo que a la fecha sigo desempeñando desde 1995, con una tendencia en los últimos años al proyecto y obra de inmuebles dedicados al cuidado de la salud, de ahí mi decisión de presentar con más detalle el proceso que lleva la realización de un proyecto y la ejecución de la obra eléctrica en este ámbito.

Algunos proyectos importantes en los que he participado son;

1. La ampliación y modernización de la red eléctrica de media y baja tensión en Atsugi Mexicana S.A. de C.V.
2. Proyecto y obra para la reconfiguración de la red de media tensión de toda la planta de Nissan Mexicana S.A. de C.V., dedicada a la ingeniería y desarrollo de nuevos productos, así como reconfiguración y cambio de alumbrado con fines de ahorro de energía.
3. Ampliación de carga y cambio de voltaje a 440 Volts en baja tensión para el sistema de fuerza, e instalación de alumbrado en naves de producción en la planta denominada Grupo Baysa S.A. de C.V., dedicada a la fabricación de estructuras para diferentes usos dentro del sector público y privado.
4. Ingeniería y proyecto para la actualización de la red eléctrica de media y baja tensión en Conagra Foods S.A. de C.V. empresa dedicada al procesamiento y envasado de alimentos, ubicada en Irapuato, Gto.

5. Proyecto y obra para el reacondicionamiento de las instalaciones de media y baja tensión de los hospitales de especialidades de Issemym en Cd. Satélite y Toluca en el Estado de México.
6. Trabajos de acometida eléctrica en media tensión e instalación de subestación eléctrica en diferentes Clínicas de consulta externa del Issemym, como son; Ozumba, Los Reyes la Paz, San Felipe del progreso, Lerma, Villa Guerrero, Jilotepec, Atlacomulco, Chalco, Tenancingo, todas en el Estado de México, así como los hospitales regionales de Texcoco, Ecatepec.

Dentro del ámbito del sector privado he participado en proyectos y obras de centros comerciales y escuelas, como son:

1. Gran plaza Toluca.
2. Campus Universitario Siglo XXI.

CAPITULO 2.- ELABORACIÓN DEL PROYECTO.

2.1.- PROLOGO

Es de vital importancia que las instalaciones eléctricas en las unidades médicas (Clínicas, Hospitales) se realicen en estricto apego a las normas [1] y disposiciones vigentes utilizando las últimas tecnologías en el mercado ya que de esto depende en gran medida que el resultado esperado al acudir a recibir atención médica, las instalaciones sean un elemento de total apoyo y no sean una variable más que ponga en riesgo la salud de las personas.

2.2.- ANTECEDENTES

Toda obra invariablemente el uso al que se destine debe contar con un proyecto eléctrico previo al inicio de la construcción, con mayor razón cuando se trata de unidades al cuidado de la salud, ya que de esto depende el buen desarrollo y funcionalidad del inmueble, toda vez que se optimiza el uso de los espacios necesarios para alojar los equipos eléctricos necesarios para el soporte de la infraestructura hospitalaria, trayendo consigo el mejor costo beneficio. De ahí que la comunicación con las diferentes disciplinas de la ingeniería que intervienen en el desarrollo del proyecto sea de carácter prioritario, al igual que las recomendaciones obtenidas de los responsables médicos y biomédicos de la unidad ya que ellos son los que determinan el tipo de atención y cuidados que se otorgan al paciente, así como el grado de equipamiento de las unidades, decisiones que son básicas para la elaboración de un proyecto apegado a los requerimientos del inmueble proyectado.

El nivel de atención y cuidados que se otorgan al paciente, tanto como el grado de equipamiento de la unidad, influyen de manera directa sobre la carga total instalada.

La ubicación del inmueble juega también un papel importante en el costo de las instalaciones eléctricas, ya que las condiciones preexistentes en las redes eléctricas cercanas al lugar seleccionado influyen de manera directa.

El tipo de equipo eléctrico a utilizar varía considerablemente en función del tamaño de la carga y del valor de corto circuito dentro de las instalaciones.

Para el caso de este trabajo consideramos la elaboración de un proyecto eléctrico de un hospital de especialidades del sector salud y partimos del supuesto que la carga total instalada está determinada, por lo que a continuación describimos los componentes eléctricos básicos requeridos para su acondicionamiento.

1. Acometida principal, generalmente en media tensión.
2. Subestación receptora y de distribución.
3. Transformadores.
4. Tableros de baja tensión principales y derivados.
5. Fuentes alternas para el respaldo de energía.
6. Alimentadores principales y circuitos derivados.
7. Tableros de aislamiento.
8. Accesorios genéricos y grado hospital.

2.3.- ACOMETIDA PRINCIPAL.

En afán de cubrir las eventualidades en el suministro eléctrico en unidades médicas de gran tamaño el proyecto puede incluir la instalación de un equipo de transferencia automática en media tensión en la acometida principal con objeto de respaldar de manera casi inmediata la falla que pudiera presentarse en la red de suministro, esto considerando la instalación de un segundo alimentador derivado de bancos diferentes

en una sola subestación o en el mejor de los casos se considera la alimentación de dos subestaciones diferentes del suministrador (CFE).

Tal es el caso de una unidad médica del Sector Salud ubicada en la localidad que cuenta con capacidad de 240 camas hospital, a la cual se le instaló una transferencia automática en la acometida principal, y a continuación presentamos la imagen (figuras 1 y 2) y el diagrama unifilar del equipo (figura 3), y hacemos una breve descripción del principio básico de operación.

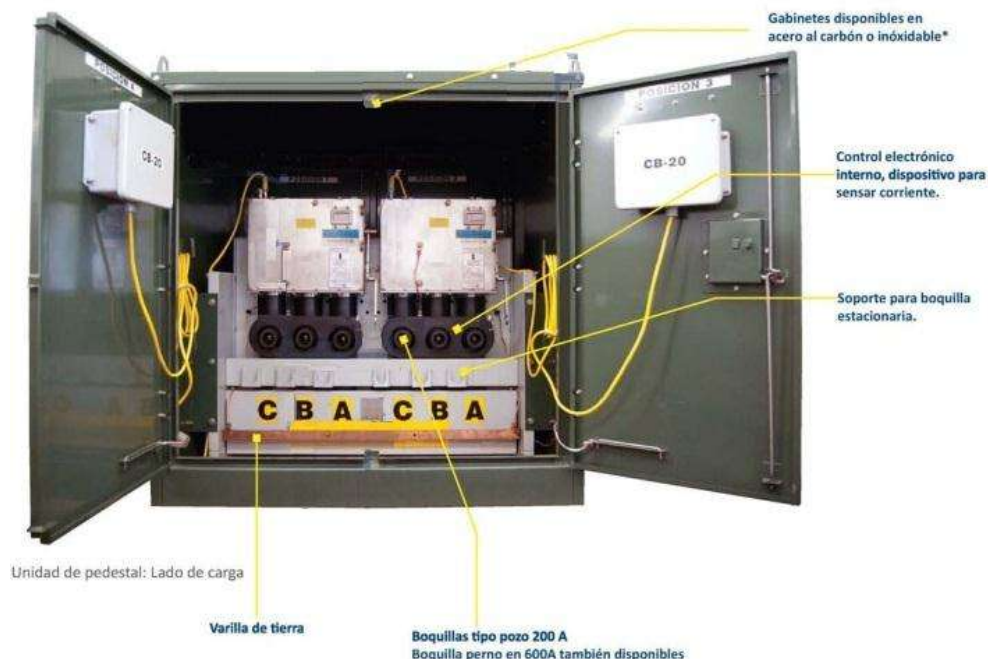


Figura 1.- Transferencia Automática Lado de la Carga



Figura 2.- Transferencia Automática Lado de la Fuente

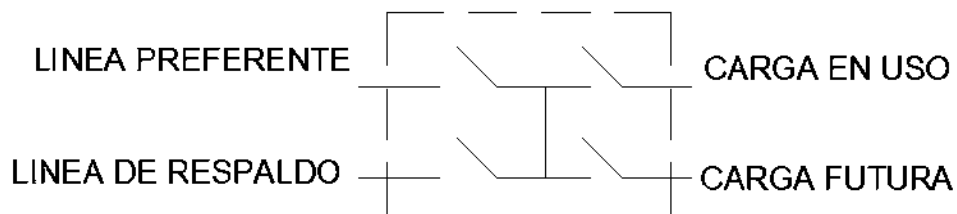


Figura 3.- Diagrama Unifilar de Transferencia Automática

2.3.1.- PRINCIPIO BÁSICO DE OPERACIÓN DE LA TRANSFERENCIA.

La transferencia permanece energizada con las dos líneas independientes tomando como base una de ellas y la segunda como respaldo, en caso de falla de la línea principal, el equipo opera al detectar falla de energía en la línea principal, y en automático transfiere la carga a la línea de respaldo, lo que da como resultante un corte momentáneo en el suministro de energía del inmueble. Al restablecerse el servicio en la línea principal se programa el tiempo de regreso a la condición normal.

Para decidir el uso de una transferencia automática en la acometida principal, se debe evaluar el costo beneficio de un segundo alimentador sumado al costo de la

transferencia, ya que por norma, al interior del inmueble se hacen inversiones importantes para respaldar las fallas del suministro eléctrico por parte de CFE. Sin embargo la inversión está bien justificada cuando se tiene la disponibilidad del segundo alimentador a una distancia corta donde exista una subestación con doble banco o bien una segunda subestación de distribución primaria.

2.4.- SUBESTACIÓN RECEPTORAS Y DE DISTRIBUCIÓN.

Generalmente en las unidades médicas el punto de suministro está separado del punto de consumo por lo que se hace necesaria la instalación de una subestación receptora compacta de tipo interior o intemperie y que consta de cuchillas seccionadoras de operación en grupo sin carga, apartarrayos autovalvulares y seccionador en aire de operación con carga con protección por fusible de potencia o en su caso con interruptores de potencia con cámaras de vacío o gas dotados de protección por relevador electrónico. Tal es el caso que se muestra enseguida donde la subestación de distribución cuenta con un transformador de 1000 KVA tipo estación y se encuentra a una distancia de 80 Metros del límite del predio, por lo tanto la Norma Oficial Vigente obliga a la instalación de la subestación receptora. Para este caso específico se determino el uso de una subestación compacta tipo interior (figura 4), compuesta por cuchillas de paso de operación en grupo sin carga, apartarrayos autovalvulares, y seccionador en aire de operación con carga y protección con elemento tipo fusible con percutor para disparo del seccionador en caso de falla del alimentador, como primera instancia.



Figura 4.- Subestación Receptora

En la figura 5 se muestra un arreglo típico de subestación receptora con sección de gabinete para equipo de medición.

El arreglo contempla la acometida por el lado derecho en la sección de medición y la salida en el lado izquierdo para acoplamiento de transformador o continuación de la línea de media tensión hacia la subestación de distribución.

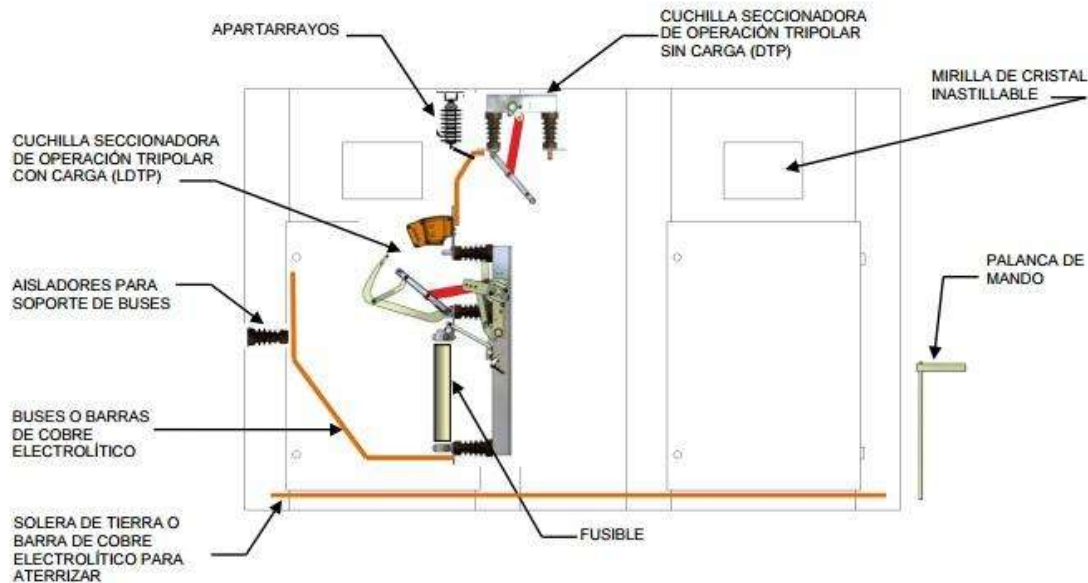


Figura 5.- Esquemático de Subestación Receptora.

Las subestaciones de distribución compactas están conformadas por gabinetes tipo interior o intemperie que contienen al igual que las receptoras, cuchillas de paso de operación en grupo sin carga, apartarrayos autovalvulares y seccionadores de operación con carga o bien interruptores. Estas la mayoría de las veces cuentan con una sección de transición para la conexión del primario del transformador.

Para el caso de transformadores tipo pedestal se hace innecesaria la subestación compacta, ya que el esquema de protección por fusible y el seccionamiento se encuentran integrados en el mismo recipiente.

A continuación presentamos un arreglo típico de subestación de distribución (figura 6) compuesta de; gabinete compacto nema "1" de media tensión, conteniendo; cuchillas de operación en grupo sin carga (figura 7), apartarrayos autovalvulares, seccionador en aire de operación con carga con elemento fusible con percutor y sección de transición para interconexión con el transformador, que para el caso mostrado es del tipo estación.



Figura 6.- Subestación de Distribución

La acometida principal está en el primer gabinete del lado izquierdo de la figura 6 y consta de cuchillas seccionadoras de operación en grupo sin carga, para la interconexión del cable con la subestación se usan terminales contráctiles tipo interior tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 7.- Arreglo de Acometida Principal y Cuchilla de Paso de Operación en Grupo sin Carga

El arreglo unifilar desde la acometida principal hasta la subestación de distribución se muestra en la figura 8 e inicia con una subestación receptora, para la interconexión con la subestación de distribución se usa cable XLPE ya que es red subterránea, el transformador utilizado es tipo estación y el tablero general de baja tensión es tipo autosoportado con interruptor principal electromagnético y como derivados se usa un interruptor electromagnético para el sistema de emergencia e interruptores termomagnéticos para alimentadores principales de corriente normal.

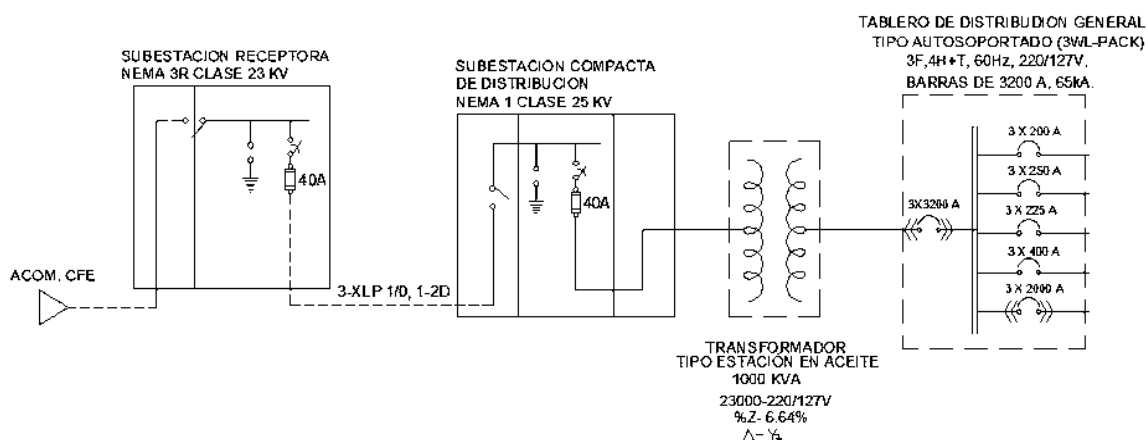


Figura 8.- Diagrama Unifilar de Subestación Receptora y de Distribución

2.5.- TRANSFORMADORES.

Para el caso de cargas por arriba de los 500 KVA, generalmente se usan transformadores tipo estación (figura 9), con enfriamiento “OA” (enfriado por aire natural) o “FA” (enfriado por aire forzado), y para cargas iguales o menores, los transformadores tipo pedestal (figura 10), son una buena solución.

Actualmente existen en el mercado transformadores tipo seco encapsulados (figura 11), que representan una opción solo que a un costo mayor que los sumergidos en aceite pero esto se ve compensado con el bajo mantenimiento y menores requerimientos de instalación.

Algunas ventajas de los transformadores secos encapsulados son su bajo requerimiento de mantenimiento el cual se limita a la limpieza del polvo y reapriete

de conexiones, la obra civil para el montaje es menor que para uno en aceite, no emite gases nocivos y no hay riesgo de derrames de líquidos, al no propagar flama y no generar ambientes explosivos también le da ventajas sobre los sumergidos en aceite. La humedad ambiente no representa riesgo para sus devanados ya que estos no la absorben por tanto la resistencia óhmica no baja.

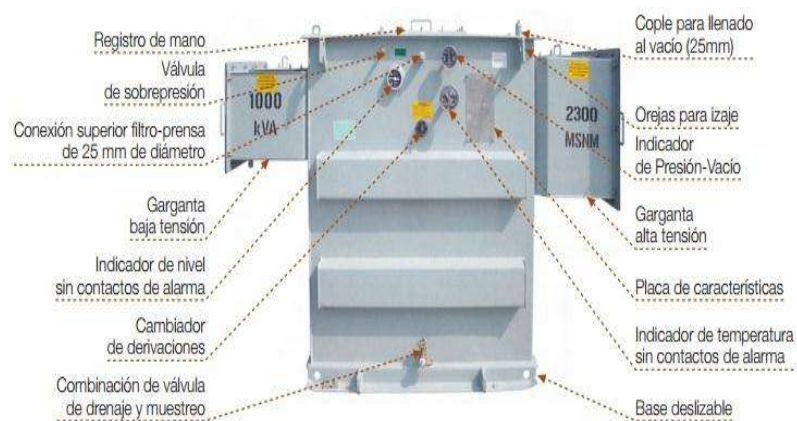


Figura 9.- Transformador en Aceite “OA”, Tipo Estación



Figura 10.- Transformador Tipo Pedestal

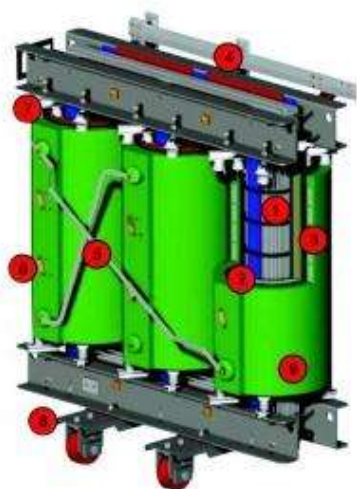


Figura 11.- Elementos que conforman el frente de un Transformador de Pedestal.

Los transformadores para alimentar equipo electrónico sensible generalmente son del tipo seco y factor K13 ya que cuentan con un blindaje electrostático de lámina de cobre colocado entre el devanado de alta y baja tensión y conectado a tierra lo que provee un camino de baja impedancia a tierra a señales de alta frecuencia contenidas en la fuente, esto los hace muy confiables al alimentar equipo electrónico sensible como puede ser el área de diagnóstico por imagen ya que eliminan el ruido eléctrico y los transitorios generados en el lado de alta tensión del transformador. Estos transformadores son más robustos que los normales lo que los hace resistentes a corto circuitos y ciclos severos de trabajo, también se diseñan para soportar altas temperaturas generadas por perdidas indeterminadas por alta frecuencia.



Figura 12.- Transformador Tipo Seco Encapsulado.



1.-NÚCLEO TRIFÁSICO.

En laminaciones de acero al silicio con bajas pérdidas.

2.-BOBINA DE BAJA TENSIÓN.

Realizada con lámina de aluminio, las espiras son aisladas entre sí con papel aislante "pre-impregnado" de resina epóxica.

3.-BOBINA DE ALTA TENSIÓN.

Elaborada en secciones con laminaciones de aluminio, encapsulada en vacío.

4.-CONEXIONES DE BAJA TENSIÓN.

5.-CONEXIONES DE ALTA TENSIÓN.

Disposición variable, permite optimizar el proyecto de la subestación.

6.-DERIVACIONES DE ALTA TENSIÓN.

Para ajustar las condiciones del sistema, conexiones sin carga.

7.-SOPORTE ELÁSTICO.

Para supresión de vibraciones del núcleo y bobinas, reduce el nivel de ruido.

8.-BASE CON RUEDAS.

Ruedas orientadas a 90°, para su fácil desplazamiento.

Figura 13.- Componentes del Transformador Tipo Seco Encapsulado.

2.6.- TABLEROS GENERALES DE BAJA TENSIÓN.

Para la selección de tableros generales es importante conocer el valor de corto circuito al que puede estar sometido, así como el valor de la carga a alimentar y el voltaje de servicio.

Los tableros de montaje en pared son una buena solución para uso como tablero de distribución general en corrientes de hasta 1200 Amp., en voltajes hasta 480 Volts, utilizando como protección principal y derivada interruptores termomagnéticos.

Para corrientes desde 800 Amp., y mayores se tiene la alternativa del uso de tableros autosoportados (figura 13) que generalmente utilizan interruptores electromagnéticos como protección principal y una combinación de interruptores termomagnéticos y electromagnéticos como protecciones derivadas.

Los interruptores electromagnéticos cuentan con una serie de elementos de protección auxiliar como es; alto y bajo voltaje, corriente de corto circuito de tiempo corto y tiempo largo, falla de fase, falla a tierra, por comentar algunas. Esto hace que las instalaciones que cuentan con estos interruptores sean totalmente confiables.

Es importante resaltar que la norma oficial mexicana obliga el uso de protección con falla a tierra en interruptores de 1000 Amperes o más en sistema con conexión en estrella. Si el dispositivo de protección con falla a tierra se usa como interruptor general se deben integrar equipos en el siguiente nivel o etapa del lado carga y en cada uno de los alimentadores para aislar la falla solo en el circuito involucrado.



Figura 14.- Tableros Generales de Baja Tensión

2.6.1.- TABLEROS DERIVADOS.

En general los tableros derivados (figura 15) son de montaje en pared y se determinan por el tamaño de la carga que van a alimentar y el número de circuitos. Su uso principal es para alimentar cargas de alumbrado y contactos o bien para sistemas de aire acondicionado de capacidades bajas.

El tipo de interruptores que aceptan son de diferentes tipos que van desde los termomagnéticos comunes hasta los que integran dispositivos de falla a tierra, supresores de transitorios y otros, con capacidades que van desde dos amperes en adelante, lo que permite una buena coordinación de protecciones en el desarrollo del proyecto eléctrico.



Figura 15.- Tableros Derivados

2.7.- ALIMENTADORES PRINCIPALES.

Los conductores de cobre son una buena alternativa para circuitos de alimentadores principales y montados en soportes tipo charola (figura 16) permiten el manejo con libertad de los cables y la capacidad de corriente permisible en los conductores es mayor esto es válido para calibres del No 4 y mayores de acuerdo a las normas vigentes. No hay que olvidar que los conductores utilizados en soportes tipo charola deben estar diseñados para tal uso.

Los conductores de aluminio tipo MC (figura 16 y 17), presentan un ahorro considerable comparativamente con el uso de cables de cobre, aunado al menor peso del conductor que facilita su manejo y permite ser soportado de manera directa sobre perfiles del tipo unicanal o bien en charolas. El peso a manejar con conductores de aluminio para la misma capacidad de corriente en cobre se disminuye en un 50% aproximadamente.

Se debe tener especial cuidado en el manejo de alimentadores de aluminio para equipo del área de diagnóstico por imagen, ya que algunos requieren de valores específicos de impedancia del circuito alimentador.



Figura 16.- Alimentadores Principales con Cable Unipolar en Soporte Tipo Charola



Figura 17.- Alimentadores Principales con Cable de Aluminio Tipo MC

Tabla 1.- Tabla comparativa de capacidad de corriente y peso de conductores de cobre y cable de aluminio tipo MC.

Cables de Aluminio (AA-8030) XHHW-2 LS vs Cu THW LS

Calibre Cobre	Calibre Aluminio tipo MC	Amperes Cobre			Amperes Aluminio tipo MC			Diám. ext. Cobre	Diám. ext. Aluminio tipo MC	Kg / 100m Cobre	Kg / 100m Aluminio tipo MC
THW THW-LS	con XHHW-2 XHHW-2 LS	THW THW-LS			con XHHW-2 XHHW-2 LS			THW THW-LS	XHHW-2 XHHW-2 LS	THW THW-LS	XHHW-2 XHHW-2 LS
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	mm	mm		
8	6	40	50	55	40	50	55	6.0	6.6	10.3	5.9
6	4	55	65	75	55	65	75	7.8	7.7	16.6	8.6
4	2	70	85	95	75	90	100	9.0	9.1	24.9	12.7
2	1/0	95	115	130	100	120	135	10.5	11.4	37.5	20.0
—	2/0	—	—	—	115	135	150	—	12.4	—	24.0
1/0	3/0	125	150	170	130	155	175	13.6	13.7	59.9	30.0
2/0	4/0	145	175	195	150	180	205	14.8	15.0	73.6	37.0
3/0	250	165	200	225	170	205	230	16.1	16.6	91.4	44.2
4/0	300	195	230	260	195	230	260	17.6	17.9	113.2	52.1
250	350	215	255	290	210	250	280	19.5	19.1	134.8	60.0
—	400	—	—	—	225	270	305	—	20.2	—	67.9
300	—	240	285	320	—	—	—	20.9	—	159.7	—
350	500	260	310	350	260	310	350	22.2	22.1	184.5	83.3
400	600	280	335	380	285	340	385	23.4	24.9	209.1	101.7
500	750	320	380	430	320	385	435	25.6	27.3	258.2	124.8

Los valores se proporcionan sólo con fines comparativos; siempre calcule los conductores de acuerdo con los requerimientos de la instalación, según lo establecido por la NOM-001-SEDE-2012

Las ampacidades están basadas solamente en la temperatura de operación y no se ha considerado la caída de voltaje

Tomada de la Tabla 310-15 (b) (16) de la NOM-001-SEDE-2012

El cable de aluminio tipo MC está conformado como se muestra en la siguiente figura por conductores de línea, conductor neutro para el caso mostrado y tierra física, con colores de identificación y tierra física de acuerdo a lo especificado en la norma oficial mexicana.

El cable MC con cubierta de PVC se usa en lugares especiales como pueden ser los lugares con ambientes húmedos o corrosivos.



Figura 18.- Cable de aluminio tipo MC y MC con PVC.

2.8.- TABLEROS DE AISLAMIENTO.

Los tableros de aislamiento (figura 19) se usan para alimentar equipos de soporte de vida y dar protección a las personas en áreas de tratamientos o procedimientos quirúrgicos. Están conformados por un sistema eléctrico aislado sin conexión a tierra, cuentan con un transformador donde el devanado primario no tiene conexión eléctrica con el devanado secundario y juegan un papel bastante importante en las áreas de terapia intensiva, quirófanos, unidades de cuidados coronarios, laboratorios cardiovasculares, unidades de diálisis, laboratorios cardiovasculares, salas de procedimientos especiales, lugares húmedos y salas de choque.

Algunos de los beneficios obtenidos con el uso de tableros de aislamiento son los siguientes:

- Evitan corrientes que pueden fluir por el paciente de manera accidental.
- Evitan la desconexión del equipo de soporte de vida en caso de falla a tierra.
- Evitan la aparición de chispas en el ambiente explosivo que se produce en los quirófanos debido al uso de gases de anestesia, o bien a gases generados durante tratamientos o procesos quirúrgicos.

- Monitorean el aislamiento del sistema eléctrico en las salas de operaciones para evitar corrientes de fuga peligrosas.

La norma oficial Mexicana hace énfasis en el uso obligado de estos equipos en las áreas citadas para evitar que las corrientes de fuga generadas por falla del sistema eléctrico puedan ser fatales para los pacientes y el personal encargado de su cuidado.

Los tableros de aislamiento se conectan al circuito derivado crítico del sistema de emergencia para garantizar la continuidad del servicio.

Los circuitos derivados del sistema aislado deben ser lo más cortos posibles y los conductores usados deben tener una constante dieléctrica menor a 3.5 y una resistencia de aislamiento constante mayor a 6100 MOhms-M para evitar incrementar la corriente de fuga del sistema.



Figura 19.- Tablero de Aislamiento en Área de Quirófano

2.8.1.- COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS PANELES DE AISLAMIENTO

2.8.1.1.-TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

Que generalmente son monofásicos, con escudo electrostático entre Primario y Secundario, diseñado para operar con corrientes de fuga muy pequeñas y funcionamiento silencioso, con capacidades que van desde los 3.0 hasta los 15.0 KVA

En quirófanos la capacidad máxima permisible es de 10 KVA. Los equipos de mayor tamaño se usan para equipos de rayos X.

El voltaje primario es variable y va desde los 110Volts, hasta los 480 Volts, y el secundario se maneja generalmente entre 110 y 240 Volts.

2.8.1.2.- EL MONITOR DE AISLAMIENTO

Que compara continuamente la impedancia de cada conductor vivo aislado de tierra del circuito aislado, con alarma sonora que se activa con fugas de corriente iguales o mayores a 5.0 miliamperes, tal y como lo marca la Norma Oficial Mexicana.

2.8.1.3.- CENTROS DE CARGA

Con interruptores termomagneticos de dos polos, también estipulado en la Norma Oficial Mexicana.

2.8.1.4.- LOS MÓDULOS DE FUERZA (FIGURA 20)

Son parte integral del tablero de aislamiento en áreas de terapia intensiva o bien deriva de este a los muros o columnas de apoyo en los quirófanos y están compuestos de contactos grado hospital y mordazas para cables auxiliares de conexión a tierra para equipos o accesorios.



Figura 20.- Módulos de Fuerza y Tierra

En general en la vecindad del paciente para las áreas de atención general o crítica se requiere el uso de contactos grado hospital, montados en módulos o de manera individual, ya que estos permiten que la clavija del mismo tipo tenga una conexión efectiva por contacto mecánico y eléctrico de sus espigas con las mordazas del contacto.

2.8.1.5.- LOS CONTACTOS GRADO HOSPITAL

Se distinguen por un punto frontal permanente color verde y garantizan mínima caída de tensión y aseguran la conexión a tierra de los equipos médicos.

El numero de contactos grado hospital en la vecindad del paciente varia al igual que el número de circuitos que los alimentan, tal es el caso de las camas de paciente que deben contar con un mínimo de dos circuitos de alimentación; normal y emergencia o dos de emergencia de diferente desconectador y un mínimo de cuatro contactos. En áreas de cuidados intensivos se deben considerar un mínimo de seis contactos por paciente.

2.9.- FUENTES ALTERNAS PARA RESPALDO DE ENERGÍA.

Generalmente se cuenta con plantas de combustión interna (figura 21) para soporte de fallas de la red eléctrica normal y para el caso de los quirófanos es práctica común la conexión en línea de sistemas de respaldo por baterías (UPS), (figura 22) para evitar los cortes momentáneos en la conexión y desconexión de los sistemas de emergencia. El tiempo máximo de respuesta de un sistema de emergencia no debe ser mayor a diez segundos conforme a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

El tamaño de las cargas a respaldar nos da el número de interruptores de transferencia a utilizar, a la salida del generador, con objeto de separar los equipos de uso general con las áreas dedicadas al cuidado de pacientes en estado crítico. La Norma oficial Mexicana menciona que se requiere de una sola transferencia en plantas de emergencia con capacidades hasta 150 KVA, que es el caso de Sanatorios y Hospitales pequeños y para cargas mayores se requiere de dos o más interruptores de transferencia para separar las cargas esenciales y críticas y así evitar que la falla en un circuito ponga en riesgo el conjunto en su totalidad, tal es el caso de Hospitales de Alta Especialidad.

Cuando las cargas a alimentar superan los 150 KVA, se usan dos (figura 22) o más interruptores de transferencia (figura 23) con objeto de separar las cargas de circuitos esenciales de las cargas de circuitos derivados críticos o de seguridad de la vida.



Figura 21.- Planta Generadora



Figura 22.- Unidad Ininterrumpible de Energía (UPS)



Figura 23.- Unidad de Transferencia Automática Doble

Cálculos esenciales requeridos para la elaboración del proyecto y determinación del tipo de equipo y accesorios a utilizar; Corto circuito, Redes de tierras, Caída de tensión.

2.10.- CORTO CIRCUITO.

Para el cálculo de corto circuito se inicia con el valor dado por el suministrador en el punto de entrega del servicio y de ahí se elige el método a utilizar para la obtención de los valores en los diferentes nodos de nuestro diagrama unifilar y esto es determinante para la especificación del tamaño de tableros y tipos de interruptores de protección a utilizar, sobre todo con cargas alimentadas por transformadores mayores a 112.5 KVA.

El valor del corto circuito de diseño de los equipos de baja tensión para operar a 220 Volts esta como mínimo en 10 KA, lo que hace que estos se puedan utilizar de manera general en cargas alimentadas por transformadores pequeños.

En general el valor de corto circuito es determinante para la selección de equipo ya que los valores de diseño de estos deben estar por arriba del valor máximo de corto circuito al que estén expuestos.

2.11.- REDES DE TIERRAS.

Es de vital importancia contar con una red de tierras eficiente para que nos permita drenar las corrientes de falla generadas en la red eléctrica y evitar que se propaguen a lo largo de estructuras o elementos conductores que pueden poner en riesgo a las personas que se mueven dentro o en el perímetro del inmueble. Las redes de tierra generalmente están conformadas por mallas fabricadas con cable de cobre semiduro calibre 4/0 en la malla principal y derivaciones de diferentes calibres dependiendo el equipo a aterrizar. La malla principal cuenta con varillas coperweld de 3.0 Metros de largo, enterradas en piso directamente y unidas a la malla con soldadura de cobre.

Valores por debajo de diez Ohms son aceptables para redes de tierras de sistemas eléctricos que alimentan equipo de uso general, cuando se conecta equipo electrónico sensible se recomiendan valores iguales o menores a tres Ohms.

Es práctica común que los proveedores de sistemas de informática y comunicación requieran de valores de redes de tierra abajo de cuatro Ohms a fin de garantizar la protección de sus equipos y generalmente aislados de la red general.

2.12.- CAÍDA DE TENSIÓN.

Conforme a la Norma Oficial Mexicana vigente recomienda que la caída de tensión en una instalación eléctrica desde el punto de entrega hasta el último elemento a alimentar no sea mayor al 5%. Esto permite que los equipos a conectar no tengan deficiencias generadas por bajo voltaje, y principalmente disminuir las perdidas en los conductores eléctricos. Es deseable manejar caídas de tensión lo más cercano a cero pero la relación costo beneficio no siempre es favorable sobre todo con cargas a alimentar altas. Un valor entre 2% y 3% se considera aceptable.

El valor máximo de caída de tensión para circuitos derivados en la salida más lejana no debe ser mayor a 3% tal y como lo establece la Norma Oficial Mexicana.

CAPITULO 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1.- CONCLUSIONES

La experiencia laboral aunada al apego que todo proyecto y obra eléctrica debe tener a las normas oficiales vigentes necesariamente traerá como resultado una instalación confiable y duradera, cuyo costo beneficio siempre será favorable para el inversionista.

La selección adecuada de los equipos y materiales basada en el desarrollo del proyecto ejecutivo hecho de acuerdo a las necesidades de la obra eléctrica requerida, siempre arrojará resultados positivos y por ende los costos de la obra serán los más convenientes.

3.2.- RECOMENDACIONES

Toda obra por pequeña que parezca requiere de un proyecto respaldado en una memoria técnica, ya que esto es el origen para que los resultados esperados en la obra se logren en su totalidad.

Es práctica común dejar en manos de personas no calificadas el desarrollo de los proyectos y por consiguiente los resultados no siempre son los esperados. Esto generalmente encarece las obras y generan conflictos permanentes para los usuarios.

Sería deseable contar con mano de obra certificada para garantizar la buena práctica en las instalaciones eléctricas ya que en la mayoría de los proyectos pequeños y medianos los responsables de obra tienen un perfil más apegado a la ingeniería civil y esto trae como consecuencia que la evaluación sobre el personal encargado de las instalaciones no sea del todo satisfactoria. Si a esto le agregamos que se busca el costo más bajo de la mano de obra sin contar con el respaldo de la experiencia laboral y el conocimiento en el medio del personal contratado, los resultados siempre derivan en costos totales más altos e instalaciones de baja calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaria de Energía, *Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*, Mexico, 2012. Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y por la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica, y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía
- [2] Secretaria de Energia, *Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia Energética en Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales*, 2014. Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE)
- [3] Secretaria del Trabajo y Prevision Social *Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2008, Electricidad Estática en los Centros de Trabajo*, 2008. Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo
- [4] ANCE, *Norma Mexicana NMX-J-098-ANCE-2014, Sistemas Electricos Tensiones Eléctricas Normalizadas*, 2014. Asociación de Normalización y Certificación, A.C., Comisión Nacional de Normalización