



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL ÁREA DE CIRUGÍA  
DE UN HOSPITAL REGIONAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD.**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

P R E S E N T A N

**DANIEL JAVIER HINOJOSA VEGA**

**ORLANDO MENESES TORRES**

**OSCAR ULISES PRECIADO OLVERA**

DIRECTOR DE TESIS: ING. MARCO ANTONIO MACÍAS HERRERA.



MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Dedicatoria:*

*A nuestras Mamás.*

*A nuestros Papás.*

*A nuestras Hermanas y Hermanos.*

*A nuestras Familias.*

*A nuestros Amigos.*

*Al Presente y Pasado que viven con nosotros todos los días y al  
Futuro que esta por venir:*

*GRACIAS TOTALES SIEMPRE.*

*Hinojosa Vega Daniel Javier.*

*Preciado Olvera Oscar Ulises.*

*Meneses Torres Orlando.*

## *Agradecimientos:*

*A nuestra casa de estudios, la UNAM.*

*A nuestra Facultad de Ingeniería, sus Ingenieros y personal que la integran.*

*A todas las Personas que directa o indirectamente nos han ayudado en nuestra formación; a todas ellas:*

*MIL GRACIAS.*

# Índice.

Página.

## Introducción.

<b>Capítulo I</b>	<b>Terminología y conceptos básicos en instalaciones eléctricas.</b>	<b>1</b>
1.1	Instalación eléctrica.	2
1.1.1	Flexibilidad de las instalaciones eléctricas.	3
1.1.2	Confiabilidad de las instalaciones eléctricas.	3
1.1.3	Seguridad de las instalaciones eléctricas.	4
1.1.4	Factores considerados en una instalación eléctrica.	4
1.2	Magnitudes y unidades.	5
1.2.1	Diferencia de potencial.	6
1.2.2	Corriente eléctrica.	6
1.2.3	Resistencia.	7
1.2.3.1	Ley de Ohm.	8
1.2.3.2	Caída de tensión en conductores eléctricos.	9
1.2.4	Corriente continua (C.C) y corriente alterna (C.A).	10
1.2.4.1	Corriente continua (C.C).	11
1.2.4.2	Corriente alterna (C.A).	11
1.2.5	Circuitos eléctricos.	12
1.2.5.1	Elementos activos.	13
1.2.5.2	Elementos pasivos.	14
1.2.5.2.1	Impedancia.	15
1.2.6	Potencia eléctrica.	16
1.2.6.1	Potencia aparente y factor de potencia.	19
1.2.6.2	Potencia compleja.	20
1.3	Definiciones en instalaciones eléctricas.	22

<b>Capítulo II</b>	<b>Descripción de las áreas críticas en hospitales.</b>	<b>27</b>
2.1	Definición de hospital.	28
2.2	Descripción de las unidades de atención en hospitales.	29
2.3	Áreas críticas.	33
2.3.1	Descripción funcional del quirófano.	34
2.3.1.1	Sala de operaciones.	35
2.3.2	Descripción funcional de la sala de expulsión.	37
<b>Capítulo III</b>	<b>Consideraciones de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.</b>	<b>39</b>
3.1	Factores de las corrientes peligrosas.	39
3.1.1	Tipo de circuito continuo o alterno.	40
3.1.2	Tensión o voltaje.	40
3.1.3	Intensidad de corriente eléctrica.	41
3.1.4	Impedancia del cuerpo.	43
3.1.5	Trayectoria de la corriente.	46
3.1.6	Frecuencia de la corriente eléctrica.	47
3.2	Efectos generales de la electricidad en el cuerpo humano.	49
<b>Capítulo IV</b>	<b>Requerimientos de seguridad para el suministro de energía eléctrica en áreas críticas.</b>	<b>55</b>
4.1	Orígenes de los riesgos eléctricos en salas de intervención.	56
4.1.1	Microdescargas y macrodescargas.	56
4.1.2	Corriente de fuga.	57
4.2	Requerimientos de seguridad del sistema eléctrico en las salas de intervención.	60
4.2.1	Sistema de distribución aislado.	60
4.2.1.1	Sistema equipotencial.	60
4.2.1.2	Transformadores de aislamiento.	64
4.2.1.3	Detectores de corrientes de fuga.	66
4.2.1.4	Equipos de emergencia.	70

<b>Capítulo V</b>	<b>Proyecto de instalación eléctrica para el área de cirugía de un hospital regional de la Secretaría de Salud.</b>	<b>75</b>
5.1	Antecedentes del proyecto.	75
5.2	Referencias de diseño.	76
5.3	Objetivo del proyecto de tesis.	76
5.4	Definición del problema.	76
5.5	Propuesta de solución.	77
5.6	Suministro de energía eléctrica.	77
5.7	Cálculo de la carga para el área de cirugía.	80
5.7.1	Carga en el quirófano.	81
	• Carga de iluminación general en la sala de quirófano.	81
	• Carga en circuitos de fuerza de la sala de quirófano.	86
5.7.2	Carga en la sala de expulsión.	87
	• Carga de iluminación general en la sala de expulsión.	87
	• Carga en circuitos de fuerza de la sala de expulsión.	88
5.8	Cálculo de instalación eléctrica para el área de cirugía.	89
5.8.1	Diseño de instalación eléctrica en la sala de quirófano.	89
5.8.2	Diseño de la instalación eléctrica en la sala de expulsión.	100
	<b>Conclusiones.</b>	<b>105</b>
<b>Apéndice A.</b>	Planos de diseño del hospital regional de Temixco, Morelos.	<b>I</b>
<b>Apéndice B.</b>	Normas y reglamentos de referencia.	<b>VIII</b>
<b>Apéndice C.</b>	Tablas normativas.	<b>XL</b>
	<b>Bibliografía.</b>	

# *Introducción.*

En la actualidad la Secretaría de Salud y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) construyen hospitales comunitarios con requerimientos infraestructurales mínimos para la correcta atención médica de pacientes en general.

En este contexto infraestructural nos referimos a los sistemas de suministro eléctrico para el correcto desarrollo de las habilidades, destrezas y conocimientos del personal de atención a la salud.

La configuración y distribución del suministro eléctrico en hospitales ha sufrido importantes cambios en los últimos años, debido en gran parte a las nuevas tecnologías de aplicación de equipos de electromedicina, unido a la mayor implantación de sistemas de soporte como la climatización, las comunicaciones y la aplicación de nuevas normativas.

El resultado es que el suministro eléctrico en estos centros se ha convertido en una pieza fundamental para el desarrollo de la mayoría de sus actividades, por consiguiente, la implantación de una correcta infraestructura de la instalación de electricidad condiciona las actividades que se puedan realizar en estos centros.

El presente trabajo contiene en sus páginas interiores nociones generales de instalaciones eléctricas como son los términos utilizados y las áreas críticas de los hospitales, además de contar con la información de los daños de corriente eléctrica en el cuerpo humano.

En este proyecto de tesis se aporta la visión de la ingeniería como proyectistas y diseñadores de sistemas eléctricos en hospitales; en concreto sobre la posible influencia de las instalaciones eléctricas como factor de riesgo sobrevenido en áreas para la atención a la salud.

Se presentan criterios concretos para el diseño de las infraestructuras de suministro eléctrico, desarrollados especialmente en los sistemas eléctricos para el área de cirugía y la sala de expulsión.

En este trabajo se remarca la importancia que adquiere en estos inmuebles un correcto suministro eléctrico sin fallos, defectos o interrupciones imprevistas.

La importancia de la continuidad del suministro eléctrico no solo se debe a que estos edificios sean de pública concurrencia y tengan que contar con una infraestructura eléctrica para dos suministros eléctricos, sino mas bien, a la actividad que se desarrolla en ellos y en gran medida en las zonas que llamamos áreas críticas o de riesgo.

Se trata pues de apuntar criterios de diseño a la infraestructura eléctrica para la instalación en el área de cirugía y la sala de expulsión, con el objetivo de incrementar la disponibilidad de la energía garantizando la ausencia de interrupciones eléctricas.

# Capítulo I Terminología y conceptos básicos en instalaciones eléctricas.

La palabra electricidad proviene del griego *electrón* nombre del ámbar amarillo, sustancia que posee la propiedad de atraer a los cuerpos ligeros cuando se frota con un paño de lana. Esta propiedad fue descubierta por Tales de Mileto 700 años A.C.

En la época de Franklin los estudiosos de la ciencia consideraban que la electricidad era un fluido que tenía el poder de tener cargas positivas y negativas pero, actualmente, la ciencia considera que la electricidad se produce por partículas muy pequeñas llamadas electrones y protones. La electricidad o energía eléctrica se produce cuando los electrones se liberan de sus átomos al aplicarles una fuerza en sus últimos niveles de energía. Esta fuerza se puede aplicar de diversas maneras a modo de ejemplo mencionaremos la fricción, las reacciones químicas, el calor, y por medio del magnetismo, como se puede apreciar en las siguientes figuras.

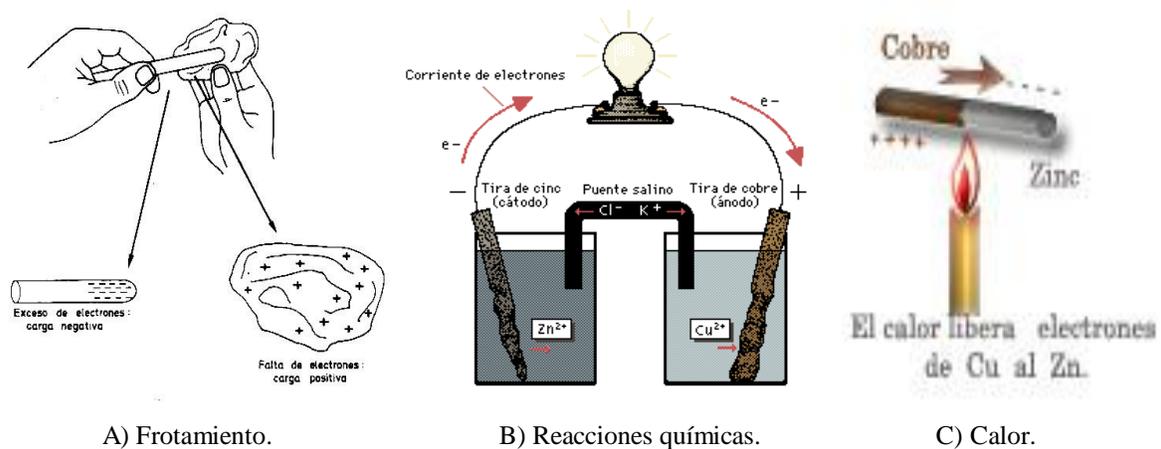


Fig. 1.1

La energía eléctrica es una magnitud física abstracta y escalar, ligada al estudio del flujo de cargas eléctricas en un estado dinámico de un sistema físico, la energía eléctrica no es un ente físico real ni una sustancia tangible, es la forma de evaluar la capacidad que se tiene para realizar un trabajo.

El manejo o uso de energía eléctrica tiene un riesgo para las personas debido a que se puede ocasionar una descarga eléctrica o el inicio de un incendio. La energía eléctrica es indispensable en la vida diaria, esta es una de las principales razones por las cuales una instalación eléctrica debe efectuarse bajo parámetros de seguridad establecidos y por personal calificado, para evitar riesgos eléctricos.

### **1.1 Instalación eléctrica.**

Se llama *instalación eléctrica* al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que los utilizan. Entre estos elementos se incluyen:

- Transformadores.
- Tableros.
- Interruptores.
- Dispositivos de control local o remoto.
- Conductores.
- Canalizaciones y soportes.
- Lámparas, receptáculos y carga en general.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos y pisos).

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

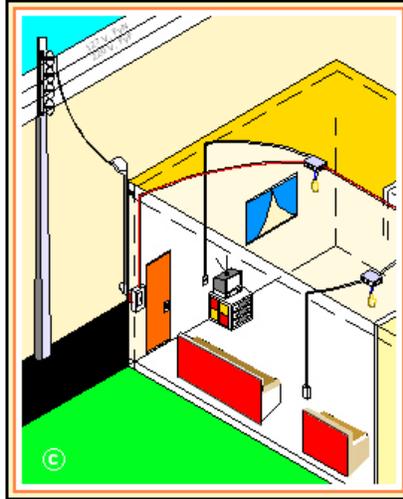


Fig. 1.2 Instalación eléctrica.

### 1.1.1 Flexibilidad de las instalaciones eléctricas.

Cada instalación eléctrica, debe incorporar suficiente flexibilidad de diseño en circuitos derivados alimentadores y tableros para acomodar todos los posibles patrones, arreglos y la localización de cargas eléctricas.

Como parte de la flexibilidad, se debe considerar el crecimiento de las instalaciones a futuro, tanto en la demanda como físicamente, sin perder de vista que tan malo es sobredimensionar como subdimensionar.

### 1.1.2 Confiabilidad de las instalaciones eléctricas.

La confiabilidad de la energía eléctrica dentro de una instalación eléctrica esta determinada por dos factores:

- El tipo de servicio que presta al inmueble o edificio donde se hace la instalación.
- El sistema eléctrico del edificio.

El servicio de parte de la empresa suministradora de energía eléctrica se debe analizar por medio del impacto de la falta de suministro del servicio eléctrico, de manera que eventualmente se pueda justificar si se requiere de equipos de emergencia y las características que este debe tener.

### **1.1.3 Seguridad de las instalaciones eléctricas.**

Aún cuando las instalaciones eléctricas se diseñan conforme a la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005*, se aplican también otros criterios de seguridad como el *National Fire Protection Association NFPA* y al *National Electric Code NEC* de Estados Unidos, los cuales permiten al diseñador lograr una instalación eléctrica segura y alerta contra causas de riesgo.

Existen muchos elementos que pueden utilizarse para proteger a las personas que laboran cerca de una instalación eléctrica, entre otros: la conexión a tierra de todas las partes metálicas que están accesibles, la inclusión de mecanismos que impidan que la puerta de un tablero pueda abrirse mientras este se encuentra energizado, la colocación de tarimas de madera y hule en los lugares donde se operen interruptores y, en general, elementos que impidan el paso (letreros, candados, alambradas, etc.).

### **1.1.4 Factores considerados en una instalación eléctrica.**

Cuando se inicia el diseño de una instalación eléctrica en un inmueble, cualquiera que sea su uso final, es importante tomar en consideración tres factores importantes:

- Factor económico.
- Eficiencia.
- Accesibilidad.

**a) Factor económico.** Este concepto se puede dividir en dos rubros, *costos de inversión* y *costos de operación*. Se deben considerar con frecuencia que, estos dos costos van en sentido contrario, ya que por lo general, bajos costos de inversión en la infraestructura eléctrica generalmente conducen a altos costos de operación por consumo de energía, altos costos de mantenimiento y tiempo de vida menor.

**b) Eficiencia.** El diseño de una instalación eléctrica debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la contribuyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no se estén utilizando.

**c) Accesibilidad.** Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento, por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros y entre ellos.

También se entiende por *accesibilidad* el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación, es decir, la especificación completa, todos los planos y diagramas necesarios.

## 1.2 Magnitudes y unidades.

La electricidad se ocupa del flujo de partículas con cargas negativas llamadas electrones contenidas en átomos que componen la materia de nuestro entorno. El átomo es la unidad más pequeña de un elemento químico, tan pequeño que una sola gota de agua contiene millones de átomos.

Algunos materiales están compuestos por átomos que liberan con facilidad electrones, éstos materiales los conocemos como conductores, por ejemplo, se cuentan la mayoría de los metales como el oro, la plata, el cobre, el aluminio, etc. En contraparte están los materiales compuestos por átomos que en su última orbita difícilmente liberan electrones, a estos

materiales los conocemos como aislantes o dieléctricos como el plástico, el vidrio, la madera, etc.

El comportamiento de este flujo de electrones se explica con detenimiento definiendo los siguientes términos:

- Diferencia de potencial.
- Corriente eléctrica.
- Resistencia.

### 1.2.1 Diferencia de potencial.

La diferencia de potencial se define como la fuerza que impulsa a los electrones o a las partículas cargadas eléctricamente a desplazarse desde el punto de mayor potencial hasta el punto de menor potencial y formar corrientes eléctricas, esto es lo que se denomina **voltaje o tensión**. Es decir, es el trabajo realizado por el campo eléctrico para mover una partícula con carga eléctrica de un punto a otro.

La unidad de la diferencia de potencial es el **Volt [V]**. Un volt se define como la energía potencial por unidad de carga eléctrica.

### 1.2.2 Corriente eléctrica.

La **corriente eléctrica** es el flujo de carga por unidad de tiempo dentro de un material conductor, es decir, es una medida de la rapidez con la que las cargas eléctricas se están moviendo al pasar por un punto dado de referencia en una dirección específica, entonces tendremos:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{\text{Coulomb}^-}{\text{segundo}^-}$$

La unidad de corriente es el **Ampere [A]** y un ampere corresponde a una carga que se mueve con rapidez de un Coulomb por segundo.



Fig. 1.3 Corriente eléctrica.

### 1.2.3 Resistencia.

La **resistencia eléctrica** es definida como la oposición del flujo de carga eléctrica. Aunque la mayoría de los metales son buenos conductores de la electricidad, todos ofrecen alguna oposición al flujo de carga eléctrica que pasa a través de ellos.

La resistencia en un material es independiente de la corriente eléctrica y del voltaje; es una propiedad inherente de los materiales conductores. La resistencia de un conductor de sección transversal uniforme depende de los siguientes factores:

- a) Tipo de material.
- b) Longitud.
- c) Área de sección transversal.
- d) Temperatura.

A determinada temperatura la resistencia de cierto conductor puede calcularse a partir de:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$R = \text{Resistencia } [\Omega]$

$\rho = \text{Resistividad } [\Omega\text{m}]$

$\ell = \text{Longitud } [\text{m}]$

$A = \text{Área transversal del conductor } [\text{m}^2]$

La constante de resistividad ( $\rho$ ) varía considerablemente para diferentes materiales, también es afectada por cambios en la temperatura; su unidad es el Ohm-metro [ $\Omega\text{m}$ ], como ejemplo en la siguiente tabla se puede apreciar el valor de la resistividad de algunos metales.

Materiales	Resistividad ( $\rho$ ) $\Omega\text{m}$
Aluminio	$2.8 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.72 \times 10^{-8}$
Oro	$2.2 \times 10^{-8}$
Hierro	$9.5 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5.5 \times 10^{-8}$
Plata	$1.63 \times 10^{-8}$

Tabla 1.1 Resistividad a 20 ° C.

La relación de la resistencia con la corriente y la diferencia de potencial en un circuito, se encuentra establecida por la ley de Ohm.

### 1.2.3.1 Ley de Ohm.

George Simon Ohm (1781-1854), fue un físico alemán conocido por sus investigaciones en corrientes eléctricas, en 1827 publicó un artículo titulado “Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet” (El circuito galvánico investigado matemáticamente). En dicho artículo están contenidos los resultados de uno de los primeros esfuerzos realizados para medir corrientes y voltajes, describirlos y relacionarlos matemáticamente.

Uno de los resultados fue el enunciado de la relación fundamental que ahora se conoce como **ley de Ohm**.

*Esta ley establece que, para un resistor dado a una determinada temperatura, la corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus puntos extremos e inversamente proporcional a la resistencia total del conductor.*

$$I = \frac{V}{R}$$

I = Intensidad [A].

V = Tensión [V].

R = Resistencia [ $\Omega$ ].

### 1.2.3.2 Caída de tensión en conductores eléctricos.

Como se puede apreciar en la ecuación de la resistencia (Pág.7) de un conductor, la longitud de éste repercute en el valor de su resistencia, siendo mayor mientras mayor longitud tenga, ocasionando caídas de tensión y provocando un sobrecalentamiento. Este sobrecalentamiento puede ocasionar fallas en el aislamiento de los conductores y provocar cortos circuitos en el sistema eléctrico.

La caída de tensión en un circuito alimentador no debe ser mayor al 3% y la caída de tensión total en un circuito eléctrico alimentador mas un circuito derivado no debe ser mayor del 5%.

En el diseño de una instalación eléctrica el porcentaje de la caída de tensión se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$e\% = \frac{2cLI}{VS_{cu}}$$

Donde:

$e\%$  = Caída de tensión en porcentaje.

$L$  = Longitud, en metros.

$I$  = Corriente nominal, en amperes.

$V$  = Voltaje, en volts.

$S_{CU}$  = Sección Transversal, en  $\text{mm}^2$ .

$c$  = Constante de acuerdo al tipo de alimentación.

$$c_{1\phi} = 1$$

$$c_{2\phi} = 2$$

$$c_{3\phi} = \sqrt{3}$$

#### 1.2.4 Corriente continua (C.C) y corriente alterna (C.A).

La primera década del siglo XIX fue exclusivamente de la corriente continua, pero cuando las redes de energía eléctrica comenzaron a extenderse, la corriente alterna comenzó a hacerse más atractiva e importante por su eficiencia para ser transmitida y distribuida a grandes distancias.

Hoy en día el uso final de la energía eléctrica prácticamente se realiza con dos tipos de corriente.

- Corriente continúa.
- Corriente alterna.

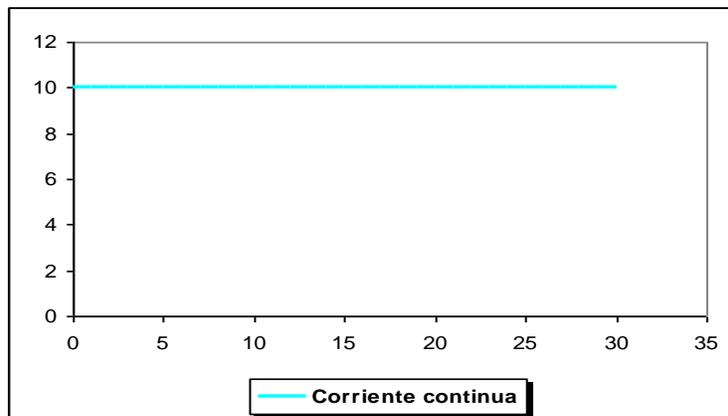
Es de vital importancia hacer notar su diferencia, pues las propiedades de los elementos en cualquier circuito eléctrico varían de acuerdo al tipo de corriente utilizada en una instalación eléctrica.

### 1.2.4.1 Corriente continua (C.C).

La corriente continua es aquella cuya polaridad nunca cambia, es decir, el flujo del campo eléctrico se mantiene constante y las cargas se desplazarán continuamente en un mismo sentido en un conductor. Como esta corriente es unidireccional, se le llama también corriente directa (C.D).

La corriente continua es proporcionada por pilas, baterías y acumuladores de automóvil gracias a procesos electroquímicos dentro de estos dispositivos.

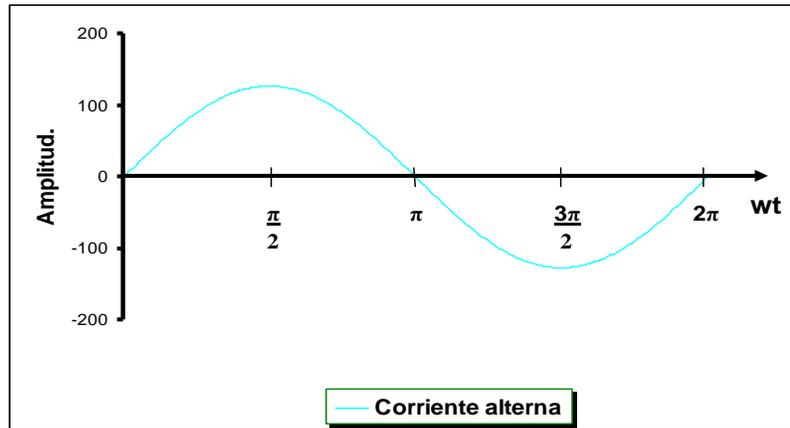
En la siguiente grafica se puede apreciar el comportamiento de la corriente continua.



Gráfica 1.1

### 1.2.4.2 Corriente alterna (C.A).

Esta corriente es la que se genera en alrededor del 90 % de las ciudades en todo el mundo. La corriente alterna es aquella que cambia alternadamente de polaridad y magnitud a una frecuencia constante. Por consiguiente, las cargas eléctricas en un conductor oscilan desplazándose unas veces en un sentido y otras en sentido contrario; la frecuencia de la corriente eléctrica en nuestro país es de 60 [Hz]. Este tipo de corriente es producida por medio de generadores eléctricos.



Gráfica 1.2

### 1.2.5 Circuitos eléctricos.

La interconexión de dos o más elementos en un sistema eléctrico se llama red eléctrica. Si la red tiene por lo menos una trayectoria cerrada se tratará de un circuito eléctrico. Cada instalación eléctrica de cualquier inmueble está dividida en un número determinado de circuitos conectados en paralelo con sus respectivos interruptores y protecciones. En consecuencia cada circuito toma energía eléctrica directamente de la red general de distribución y cada uno de ellos está aislado de los otros, es decir, son independientes entre sí.

El número de conductores que alimenta un circuito depende del tipo de fuente de voltaje que se use; por lo general en la práctica existen conductores activos o de fase y un conductor neutro por cada circuito; cuando se abre un circuito sólo se interrumpen los conductores activos.

Un circuito consta de diferentes elementos que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Elementos activos.
- Elementos pasivos.

### 1.2.5.1 Elementos activos.

Los elementos activos en un circuito son los elementos capaces de entregar energía eléctrica a algún dispositivo externo, en general nos referimos a las fuentes de voltaje o de corriente, dependientes o independientes principalmente.

En una instalación eléctrica en México, se considera como elemento activo las líneas de voltaje de la red de distribución de energía alterna proporcionada por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y/o LyFC (Luz y Fuerza del Centro).

En realidad las líneas de voltaje provienen de una fuente trifásica balanceada con voltajes senoidales de igual amplitud y desfasados  $120^\circ$  entre ellos. Las fuentes trifásicas tienen tres terminales llamadas de línea y pueden tener o no una cuarta terminal: la conexión neutra. A partir de esto se definen los voltajes de fase-neutro ( $V_{f-n}$ ) y los voltajes de fase-fase ( $V_{f-f}$ ).

En un diagrama fasorial de una fuente trifásica usada en una instalación eléctrica se puede apreciar la diferencia entre estos voltajes; el voltaje fase-fase tiene una amplitud de 220 [V] y el voltaje fase-neutro tiene una amplitud de 127 [V].

En la siguiente figura se puede apreciar una fuente trifásica conectada en estrella y su respectivo diagrama fasorial.



Fuente trifásica estrella.

Diagrama fasorial.

Fig. 1.4

$$V_{an} = 127 \angle 0^\circ$$

$$V_{AB} = 220 \angle 30^\circ$$

$$V_{bn} = 127 \angle 120^\circ$$

$$V_{BC} = 220 \angle -90^\circ$$

$$V_{cn} = 127 \angle 240^\circ$$

$$V_{CA} = 220 \angle -210^\circ$$

En forma general para voltajes trifásicos conectados en estrella, el valor del voltaje fase-fase es igual al voltaje fase-neutro multiplicado por la raíz cuadrada de tres. Análogamente, para voltajes trifásicos conectados en delta, la corriente fase-fase es igual a la corriente fase-neutro multiplicado por la raíz cuadrada de tres.

$$V_{f-f} = \sqrt{3} V_{f-n}$$

Fuente  $3\phi$  en estrella.

$$I_{f-f} = \sqrt{3} I_{f-n}$$

Fuente  $3\phi$  en delta.

### 1.2.5.2 Elementos pasivos.

Los elementos pasivos son los elementos capaces de recibir energía eléctrica, sin embargo existen elementos pasivos capaces de almacenar cantidades finitas de energía para luego liberarla o regresarla a diversos dispositivos externos; nos referimos a los capacitores y los inductores que tienen esta propiedad.

En general, los elementos pasivos en una instalación eléctrica son los dispositivos que toman energía eléctrica de la fuente y la aprovechan para efectuar alguna función útil, es decir, estos dispositivos pueden convertir la energía eléctrica en energía mecánica, luminosa, radiante, sonora, etc., o simplemente pueden cambiar o controlar la cantidad de energía que la fuente transmite. Este tipo de elementos se les llama comúnmente “*carga*” refiriéndose a la cantidad de energía que estos consumen. El tipo de *carga* empleada determina la cantidad de energía tomada de la fuente de potencia. Un foco eléctrico es una carga, como lo es un motor, un calefactor, etc. La *carga* esta representada en el análisis de las instalaciones eléctricas por la impedancia.

### 1.2.5.3 Impedancia.

Es la propiedad que representa la oposición, no resistiva, del flujo de corriente eléctrica en los dispositivos que usan la energía eléctrica y esta depende del tipo de comportamiento que presente la carga; ya sea capacitivo, inductivo o una combinación de estas propiedades.

La impedancia es un parámetro que depende de la frecuencia de la fuente de alimentación, es decir, se presenta en circuitos con fuentes de energía oscilante.

En un inductor, a la impedancia se le conoce como reactancia inductiva ( $X_L$ ) y se determina mediante el valor de la inductancia ( $L$ ) en henrys [ $H$ ] y la frecuencia de la fuente de corriente alterna por medio de la expresión:

$$X_L = 2\pi fL \quad \Omega$$

$X_L$  = Reactancia inductiva.

$f$  = Frecuencia [Hz]

$L$  = Inductancia [H]

Por otra parte, a la impedancia en un elemento capacitivo se le conoce como reactancia capacitiva ( $X_C$ ) y se determina mediante el valor de la capacitancia ( $C$ ) en farads [ $F$ ] y la frecuencia de la fuente de energía, por medio de la expresión:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad \Omega$$

$X_C$  = Reactancia capacitiva.

$f$  = Frecuencia [Hz]

$C$  = Capacitancia [F]

La combinación de los elementos resistivos, capacitivos e inductivos se obtiene por medio de la siguiente expresión de impedancia:

$$Z = R + j(X_L + X_C) \quad \text{[}\Omega\text{]}$$

Esta es una cantidad compleja cuya dimensión está definida en Ohms y se representa con la letra **Z**.

Como todo número complejo puede representarse en forma rectangular o en forma polar como se observa en la figura 1.5.

Forma polar.

$$Z = |A| \angle \theta \quad \text{[}\Omega\text{]}$$

Forma rectangular.

$$Z = R + j(X_L + X_C) \quad \text{[}\Omega\text{]}$$

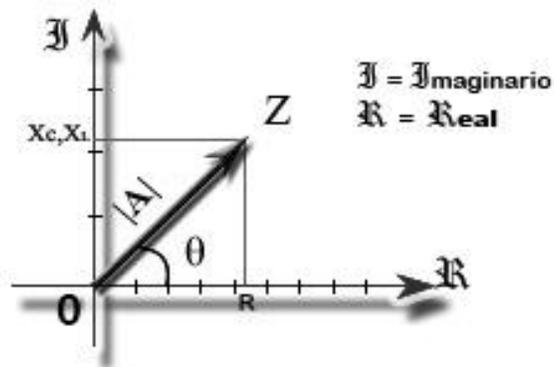


Fig. 1.5

### 1.2.6 Potencia eléctrica.

En una red eléctrica de alta, media o baja tensión, uno de los parámetros que más nos interesa conocer es la **potencia eléctrica**. Representa la rapidez con la que se gasta la energía almacenada o disipada en determinado momento y depende de la cantidad de flujo

de electrones o corriente eléctrica dentro de un circuito eléctrico. La unidad fundamental de potencia es el **Watt [W]**.

En el uso de voltaje alterno aplicado a elementos pasivos en una instalación eléctrica, es una función del tiempo.

$$V(t) = V_m \text{ sen}(wt + \varphi)$$

La intensidad de corriente que resulta es igualmente función del tiempo,

$$I(t) = I_m \text{ sen}(wt + \theta)$$

tal valor depende de los elementos que integran dicho circuito.

La potencia instantánea entregada a cualquier dispositivo en función del tiempo  $P(t)$  está dada por el producto del voltaje, a través del dispositivo, y la corriente que pasa por él, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$P(t) = V(t) \cdot I(t)$$

Considerando el caso de un circuito pasivo en general aplicándole una tensión senoidal a un elemento pasivo la potencia instantánea será:

$$P(t) = V_m I_m \cdot [\text{sen}(wt + \varphi) \cdot \text{sen}(wt + \theta)]$$

Expresando el producto de dos funciones seno como la mitad de la diferencia del coseno de la diferencia de los ángulos y el coseno de la suma de los ángulos tendremos:

$$P(t) = \frac{1}{2} V_m I_m [\cos(\theta - \varphi) - \cos(2wt + \theta + \varphi)] \dots \dots \dots$$

La potencia promedio o activa esta definida como:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \dots\dots\dots \text{ (1)}$$

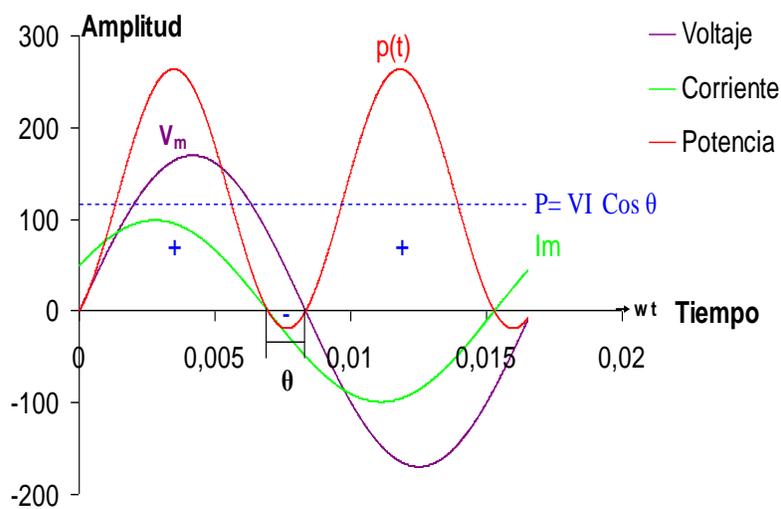
Al resolver la ecuación (2) substituyendo el valor de la ecuación (1) se obtiene el valor de la potencia activa,

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\phi - \phi) = VI \cos(\phi - \phi)$$

$$P = VI \cos(\phi - \phi)$$

Donde  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ , y  $V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ , son los valores eficaces de la corriente y el voltaje respectivamente.

El ángulo del voltaje  $\phi = 0$  por convención, así que la potencia activa finalmente la obtendremos por la ecuación:  $P = VI \cos(\phi)$



Gráfica 1.3

### 1.2.6.1 Potencia aparente y factor de potencia.

Tradicionalmente, la introducción de los conceptos de potencia aparente y factor de potencia puede relacionarse con la industria eléctrica, en la cual deben transferirse grandes cantidades de energía eléctrica de un punto a otro; la eficiencia con la que se lleva a cabo esta transferencia está directamente relacionada con el costo de la energía eléctrica que, a fin de cuentas, paga el consumidor. Un cliente que proporciona cargas que den como resultado una eficiencia de transmisión relativamente baja, debe pagar un precio mayor por cada kiloWattthora (*kWh*) de la energía eléctrica que realmente recibe y usa. De igual forma, un cliente que requiere una inversión más costosa en equipo de transmisión y distribución por parte de la compañía eléctrica también pagará más por cada kiloWattthora.

Como analizamos anteriormente la potencia promedio o activa entregada a la red puede expresarse en términos de valores máximos o pico-pico.

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta - \phi)$$

O en terminos de valores eficaces:

$$P = VI \cos(\theta - \phi)$$

Si el voltaje aplicado y la corriente hubiesen sido cantidades de corriente directa, la potencia promedio entregada a la red estaría dada simplemente por el producto del voltaje y la corriente. Al aplicar esta técnica de corriente directa al problema senoidal, debería obtenerse un valor para la potencia absorbida que "aparentemente" está dada por  $VI$ .

Por lo anterior el producto  $VI$  se le llama potencia aparente, se representa por la letra mayúscula **S** y su unidad es el **Volt-Ampere [VA]**.

$$S = VI \quad \text{[VA]}$$

La razón matemática de la potencia promedio o real a la potencia aparente recibe el nombre de factor de potencia, simbolizado por  $FP$ .

$$FP = \frac{\text{Potencia real.}}{\text{Potencia aparente.}} = \frac{P}{V_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \cos \theta$$

En el caso senoidal, el factor de potencia es simplemente  $\cos(\theta - \phi)$ , donde  $(\theta - \phi)$  es el ángulo por el que el voltaje adelanta a la corriente. Ésta es la razón por la que se dice con frecuencia que el ángulo  $(\theta - \phi)$  es el ángulo del  $FP$ . En la práctica, el ángulo  $\phi = 0$  ya que es el ángulo de fase del voltaje de referencia.

### 1.2.6.2 Potencia compleja.

Si la potencia se expresa como una cantidad compleja, entonces los cálculos de potencia se simplifican mucho. Se verá que la magnitud de la potencia compleja es la potencia aparente ( $S$ ), y además la parte real de la potencia compleja es igual a la potencia activa o real ( $P$ ) y la parte imaginaria recibirá el nombre de potencia reactiva ( $Q$ ).

Sea un voltaje en forma polar

$$V = V \angle \phi$$

Donde  $\phi = 0$ , por ser el voltaje de referencia y una corriente,

$$\bar{I} = I \angle \theta$$

como se muestra en el diagrama fasorial de la figura 1.6 (a).

La potencia aparente ( $S$ ) es igual al producto del voltaje por el conjugado de la corriente de acuerdo a la expresión:

$$S = VI^* = \left( \angle 0^\circ \right) \left( \angle -\theta \right) = VI \angle -\theta \quad \text{[VA]}^-$$

En forma rectangular tendremos:

$$S = VI \cos \theta - jVI \sin \theta \quad \text{[VA]}^-$$

$$S = P - jQ \quad \text{[VA]}^-$$

Entonces la potencia activa  $P$  y reactiva  $Q$  se obtienen de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$P = VI \cos \theta \quad \text{[W]}^-$$

$$Q = VI \sin \theta \quad \text{[VAR]}^-$$

Las expresiones de las potencias activa aparente y reactiva, se pueden representar geoméricamente mediante los lados de un triángulo al que se le llama triángulo de potencias, como se muestra en la figura 1.6 (c).

La corriente  $I$  puede descomponerse en su componente activa y su componente reactiva. La componente activa esta en fase con la tensión  $V$  y la componente reactiva esta en cuadratura con esta misma tensión  $V$ , como se observa en la figura 1.6 (b).

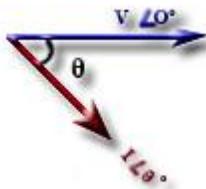


Fig. 1.6 (a)

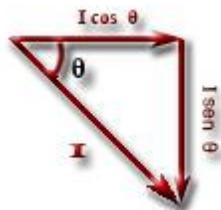


Fig. 1.6 (b)

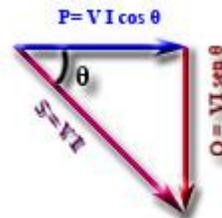


Fig. 1.6 (c)

Debemos mencionar que la potencia antes analizada se trata de una potencia monofásica, en fuentes trifásicas y bifásicas, la potencia real o activa esta dada por las siguientes expresiones:

$$P_{1\phi} = VI \cos\theta$$
$$P_{2\phi} = 2V_{f-n} I \cos\theta$$
$$P_{3\phi} = \sqrt{3}V_{f-f} I \cos\theta$$

### 1.3 Definiciones en instalaciones eléctricas.

En el diseño de instalaciones eléctricas se usan algunos términos eléctricos que deben ser mencionados para la correcta aplicación en el cálculo de la carga de un inmueble. Las definiciones de estos términos fueron extraídos de la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005* Instalaciones eléctricas “utilización” y estos se enlistan a continuación.

**Acometida:** Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario. La acometida la realiza en este caso Luz y Fuerza del Centro o Comisión Federal de Electricidad; puede ser aérea o subterránea.

**Equipo de acometida:** Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.

**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

**Aparato eléctrico:** Equipo de utilización, generalmente no industrial, que se fabrica en tamaños normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etc.

**Canalización:** Canal cerrado de material metálico o no-metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita.

**Capacidad de conducción de corriente:** Corriente eléctrica expresada en amperes [A], que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.

**Carga continua:** Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.

**Circuito derivado:** Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s).

**Circuito derivado de uso general:** Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y aparatos eléctricos.

**Energizado(a):** Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

**Equipo:** Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarios, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

**Receptáculo:** Dispositivo de contacto instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un receptáculo múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

**Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito ya sea por medios no-automáticos y para abrir el circuito automáticamente a una sobrecorriente en condiciones predeterminadas, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica apropiadamente dentro de su valor nominal.

**Tensión eléctrica nominal:** Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar desde el nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

**Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo.

**Factor de corrección por agrupamiento (fa):** Cuando se introducen varios conductores en una tubería, sobre todo metálica, se presentan fenómenos de inducción hacia las mismas ya sea de calor y de inductancia (algo similar en sus efectos a la resistencia ohmica). En estos casos debe considerarse una disminución de la corriente eléctrica que soporta cualquier conductor de la siguiente manera: cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la tabla 1.2.

<b>Numero de conductores activos</b>	<b>Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario.</b>
<b>4 a 6</b>	<b>80</b>
<b>7 a 9</b>	<b>70</b>
<b>10 a 20</b>	<b>50</b>
<b>21 a 30</b>	<b>40</b>
<b>41 y más</b>	<b>35</b>

Tabla 1.2 Factor de agrupamiento.

**Factor de corrección por temperatura (ft):** El factor de temperatura se refiere a que si una instalación eléctrica se encuentra a cualquier temperatura, se deberá aplicar éste factor para conocer la capacidad de conducción de corriente eléctrica segura en un conductor eléctrico sin dañarlo. La temperatura ambiente alta influye desfavorablemente en la conducción de electricidad debido a que aumenta la resistencia eléctrica. Por el contrario, a menor temperatura se conduce mejor la electricidad. De hecho, hay un fenómeno llamado superconductividad que se presenta en algunos materiales a temperaturas por debajo de los 200 grados centígrados.

Para temperaturas ambiente “normales” o comunes se dan los siguientes valores.

<b>Temperatura ambiente ° C</b>	<b>Temperatura máxima de operación del conductor.</b>		
	<b>60°C</b>	<b>75°C</b>	<b>90°C</b>
<b>30</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>
<b>31 – 35</b>	<b>0.91</b>	<b>0.94</b>	<b>0.96</b>
<b>36 – 40</b>	<b>0.82</b>	<b>0.88</b>	<b>0.91</b>
<b>41 – 45</b>	<b>0.71</b>	<b>0.82</b>	<b>0.87</b>
<b>46 – 50</b>	<b>0.58</b>	<b>0.75</b>	<b>0.82</b>
<b>51 – 55</b>	<b>0.41</b>	<b>0.67</b>	<b>0.76</b>

Tabla 1.3

**Luminario:** Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

**Sumario de las medidas básicas en iluminación:**

TÉRMINO	UNIDAD	SÍMBOLO	ECUACIÓN	DEFINICIÓN
Intensidad luminosa	Candela (cd)	I	$I = ED^2$	I = intensidad luminosa en cd. E = nivel de iluminación en lx. D = distancia en metros desde la fuente a la superficie iluminada.
Flujo luminoso	Lumen (lm)	$\phi$	$\phi = ES$	$\phi$ = flujo luminoso en lm. E = nivel de iluminación en lx. S = superficie en m <sup>2</sup> .
Illuminancia	Lux (lx)	E	$E = \phi / S$	E = nivel de iluminación en luxes. $\phi$ = flujo luminoso en lm.
Luminancia	Nit (nt)	L	$L = I / (S \cos \alpha)$	L = iluminancia en nit. I = intensidad luminosa en cd. S = superficie en m <sup>2</sup> . $\alpha$ = ángulo de incidencia.
Cantidad de luz	Lumen – hora (lm-h)	Q	$Q = \phi t$	Q = cantidad de luz en lm-h $\phi$ = flujo luminoso en lm. t = tiempo en horas.
Eficacia	Lumens por watt (lm/w)	$\eta$	$\eta = \phi / P$	$\eta$ = eficacia en lm/w. $\phi$ = flujo luminosa en lm. P = potencia de la lampara en watts.

Tabla 1.4

## *Capítulo II Descripción de las áreas críticas en hospitales.*

El Sistema Nacional de Salud debe garantizar la prestación de servicios para promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud, regulando los servicios médicos para que respondan a las demandas y necesidades de la población.

Los servicios médicos deben ser de alta calidad en todos los establecimientos, independientemente del subsector de salud al que pertenezcan, ya sea público, social o privado.

Las soluciones tecnológicas que se instrumenten en los establecimientos, deben ser el resultado de las demandas de actividades de promoción y prevención de la salud, así como aquellas dirigidas al diagnóstico y tratamiento de las diversas patologías.

Se debe indicar qué tecnologías diagnósticas, terapéuticas y de rehabilitación se utilizarán en los establecimientos médicos para atender correctamente tales demandas, lo cual integra el programa médico.

La indicación o el uso de las tecnologías para la salud dependen de la motivación, de los conocimientos, de las habilidades y las capacidades del personal de salud y de una correcta organización funcional de los establecimientos de atención que asegure realizar las actividades.

## 2.1 Definición de hospital.

*Un hospital es una institución que cuenta con instalaciones permanentes donde trabajan médicos y enfermeros, además de administrativos, personal técnico y otros, que ofrece gran variedad de servicios.* Sus funciones principales son la medicina preventiva y social, además de las tradicionales de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, que eran las únicas que cumplía en el pasado.



Fig. 2.1 Hospital.

Algunas de las funciones de los hospitales públicos son:

- Intervenir en la programación, ejecución y evaluación de todas las acciones vinculadas a la salud, dentro del perímetro de su área, procurando que el conjunto de las mismas atiendan prioritariamente los problemas sanitarios que afectan a los grupos más vulnerables.
- Coordinar con las instituciones y comunidad, a través de la participación de las mismas, las actividades necesarias para mejorar la calidad de vida y las condiciones de salud de la población.

- Elaborar los estudios epidemiológicos y sanitarios que permitan alcanzar un adecuado conocimiento de los recursos y las necesidades de salud de su área, y la magnitud con que afectan a su población.
- Colaborar con las autoridades locales de educación para optimizar la ejecución de los Programas de Salud Escolar a cargo del sector, interviniendo en todas las acciones relacionadas con la salud de los niños y adolescentes en edad escolar del área.
- Administrar los recursos, programas y acciones a su cargo, según las prioridades que surjan del conjunto de necesidades de la población y particularmente de los grupos más postergados, evaluando resultados e impacto.
- Realizar conjuntamente con el Comité de Docencia e Investigación, educación continua de todo su personal y del que se le asigne a este efecto, en materia de epidemiología, administración, responsabilidad legal, metodología de la Investigación y de Salud Pública, aplicables al conocimiento y operación de las áreas de su competencia.

## **2.2 Descripción de las unidades de atención en hospitales.**

La Secretaría de Salud, clasifica a los diferentes inmuebles diseñados para la atención a la salud en nuestro país de acuerdo al tipo de patologías que atienden: hospitales generales, hospitales regionales, hospitales psiquiátricos, materno-infantiles y hospitales de especialidades.

Las dependencias relacionadas con el cuidado de la salud dictaminan las diferentes unidades con las que debe contar un hospital para un desarrollo óptimo de la atención médica, clasificándolas de la siguiente manera:

- Unidad de hospitalización.
- Unidad de urgencias.
- Unidad quirúrgica.
- Unidad de tocología.
- Unidad de servicios generales.
- Unidad directiva y administrativa.

Estas unidades están diseñadas de acuerdo al programa medico tecnológico con facilidades arquitectónicas, de mobiliario e instrumental. Las integran áreas y espacios de acuerdo a las actividades médicas de cada una. De manera general se pueden describir las diferentes unidades hospitalarias brevemente como sigue:

1. **Unidad de hospitalización:** Área donde se incluyen camas para el reposo y recuperación de pacientes en condiciones estables de salud, así como al personal medico que los auxilia.



Fig. 2.2 Unidad de hospitalización.

2. **Unidad de urgencias:** Es el conjunto de áreas y espacios destinados a la atención inmediata de problemas médico-quirúrgicos que ponen en peligro la vida, un órgano o una función del paciente, disminuyendo el riesgo de alteraciones mayores. Ésta unidad debe funcionar las 24 horas del día todos los días del año sin interrupción de actividades.



Fig. 2.3 Unidad de urgencias.

- Unidad quirúrgica:** Son los locales y áreas donde se desarrollan procedimientos quirúrgicos a los pacientes en general; esta unidad comprende además de las salas de operaciones, áreas como: vestidores con paso especial a un pasillo "blanco", pasillo "gris" de transferencia, prelavado, área de recuperación y central de esterilización y equipos (CE y E).



Fig. 2.4 Unidad quirúrgica.

- Unidad de tocología:** Son las áreas donde se le da atención integral al trabajo de parto de la madre y al recién nacido; la componen las áreas mínimas siguientes: área de valoración, área de preparación y labor de la madre y el área de expulsión y recuperación.



Fig. 2.5 Unidad de tocología.

5. **Unidad de servicios generales:** Son las áreas destinadas al mantenimiento, almacenaje de productos y a la atención del público en general, la componen: la farmacia, los talleres, almacenes, baños y vestidores del diferente personal en el hospital.



Fig. 2.6 Unidad de servicios generales.

6. **Unidad directiva y administrativa:** Es el conjunto de áreas diseñadas para la operación coordinada, la administración de los recursos humanos y financieros del hospital. Esta unidad se encuentra compuesta principalmente por oficinas, salas de junta y archivo general.



Fig. 2.7 Unidad directiva y administrativa.

### 2.3 Áreas críticas.

Dado que en un hospital se diagnostican y tratan enfermedades, se podría considerar que todas las áreas del hospital son áreas de riesgo, pues en todas las áreas se tratará con enfermos en mayor o menor grado. De un modo más estricto, podemos definir las *áreas críticas en un hospital* como *aquellas en las que el paciente está en una situación más expuesta a peligros añadidos a su condición de enfermo, peligros que pueden ser debidos a defectos de funcionamiento en la instalación eléctrica que alimenta a los equipos de electromedicina con los que se diagnostica y trata al paciente* (riesgos desde el punto de vista eléctrico).

**Las áreas consideradas como críticas en un hospital son:**

- Unidades de cuidados especiales.
- Unidad quirúrgica.
- Sala de expulsión.
- Los servicios de atención de urgencias.
- Las infraestructuras de telecomunicaciones y sistemas de información.
- Las infraestructuras de seguridad.

Desde el punto de vista infraestructural eléctrico se le conoce comúnmente como cargas críticas y se definen como aquellas cargas de cuyo funcionamiento incorrecto se pueden derivar grandes riesgos para la seguridad de las personas.

Dentro del área de cirugía la unidad quirúrgica, es la de mayor interés por las condiciones especiales de seguridad eléctrica con las que debe contar. **En este caso en particular solo centraremos nuestra atención en la sala de operaciones (quirófano) y la sala de expulsión, pertenecientes al área de cirugía.**

### 2.3.1 Descripción funcional del quirófano.

*El **quirófano** es el conjunto asistencial que se utiliza para dar tratamientos, procedimientos quirúrgicos manuales o instrumentales y recuperación postoperatoria inmediata.*

El *quirófano* de acuerdo a la protección contra factores de contaminación comprende tres áreas:

a) **Áreas asépticas o Blancas.** Son aquellas en las que se observa estricta asepsia, e incluye:

- Salas de operaciones.
- Zona de lavado de cirujanos.
- Zona de esterilización rápida.

b) **Áreas Grises.** Son las zonas controladas con medidas higiénicas o sanitarias previas al ingreso al área blanca.

- Pasillos de salas de operaciones.
- Zona de acceso del vestidor a los pasillos de las salas de operaciones.

- Zona de cambio de camillas.
- Locales de entrega y recibo de material y equipo estéril.
- Lugar para equipos (rayos X, mesa de ortopedia, otros).
- Taller de anestesiología.
- Sala de recuperación.
- Sala de preanestesia, en su caso.
- Lugar para trabajo de enfermeras.
- Guarda de material y medicamentos.

c) **Áreas sépticas o Negras.** Zona no restringida, externa a la unidad quirúrgica.

- Vestidores.
- Control y administración.
- Estacionamiento de camillas.
- Utilería.
- Cuarto de ropa sucia.
- Cuarto de aseo.
- Descanso para personal femenino y masculino.
- Cuarto séptico.
- Área de recepción de pacientes. Zona exterior de camillas.

### 2.3.1.1 Sala de operaciones.

*La sala de operaciones es la sección del quirófano destinada a la práctica de intervenciones de las diversas especialidades quirúrgicas, como cirugía torácica, reparadora, vascular, etc.*

#### **Mobiliario.**

- Asiento giratorio.
- Asiento giratorio con respaldo.

- Banqueta de altura.
- Bote para RPBI (residuos biológico-infecciosos) (bolsa roja).
- Bote para basura tipo municipal (bolsa de cualquier color excepto rojo o amarillo).
- Bote para RPBI (bolsa amarilla).
- Brazo giratorio.
- Mesa carro anesthesiólogo.
- Mesa Mayo.
- Mesa quirúrgica.
- Mesa riñón.
- Mesa transportadora de material.
- Portacubeta rodable.
- Portalebrillo doble.
- Recipiente rígido para punzo cortantes.
- Riel portavenoclisis.

### **Equipo.**

- Aspirador de succión regulable.
- Equipo básico para anestesia.
- Estetoscopio.
- Esfigmomanómetro.
- Lámpara de emergencia portátil.
- Lámpara sin sombras para cirugía.
- Monitor de signos vitales: Electrocardiógrafo (ECG), presión arterial no invasivo, temperatura, oxímetro.
- Negatoscopio.
- Reloj para quirófano con segundero.
- Portavenoclisis rodable.
- Unidad electroquirúrgica.



Fig. 2.8 Sala de operaciones.

### 2.3.2 Descripción funcional de la sala de expulsión.

*La sala de expulsión es el espacio donde se atiende a la parturienta al iniciar la expulsión.* Debe ser aséptico, tener lo indispensable para la atención del parto e incluir un área para la atención inmediata y reanimación del recién nacido, con los requerimientos básicos para la limpieza del producto, asepsia ocular, registro e identificación.

Para un adecuado desarrollo de las actividades médicas dentro de la sala de expulsión es recomendable contar con el siguiente mobiliario y equipo.

#### **Mobiliario.**

- Asiento giratorio.
- Asiento giratorio con respaldo.
- Bote para RPBI (residuos biológico-infecciosos).
- Banqueta de altura.
- Recipiente cerrado para desinfección de instrumental usado.
- Mesa de apoyo para atención del recién nacido.
- Mesa para atención obstétrica.

- Mesa Mayo.
- Mesa Pasteur.
- Recipiente rígido para punzo cortantes.
- Riel portavenoclisis.

### Equipo.

- Aspirador portátil para succión regulable.
- Báscula pesa bebés.
- Equipo básico para anestesia.
- Lámpara para emergencias portátil.
- Lámpara de haz dirigible.
- Mesa carro anesthesiólogo.
- Reloj de pared eléctrico y de pilas.
- Resucitador para recién nacidos, balón, válvula y mascarilla.
- Portavenoclisis rodable.



Fig. 2.8 Sala de expulsión.

# *Capítulo III Consideraciones de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.*

El enorme desarrollo de la electricidad en el campo de la utilización ha ido acompañado de una preocupación prevencionista, que ha generado la evolución de nuestros conocimientos acerca del comportamiento del cuerpo humano al someterle al paso de la electricidad.

La posibilidad de circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano es latente en los hospitales, siendo para ello necesario que el cuerpo humano sea conductor, que pueda formar parte de un circuito y que exista una diferencia de tensiones entre dos puntos de contacto.

Las causas y consecuencias de la circulación de la corriente eléctrica son de vital importancia por lo cual debemos analizar cada una de ellas para ser tomadas en cuenta y reducir este tipo de accidentes.

## **3.1 Factores de las corrientes peligrosas.**

El resultado final del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano no puede predecirse en un caso determinado. Existen muchos factores que influyen en la gravedad de una lesión por electricidad, siendo éstos:

- Tipo de circuito continuo o alterno.
- La tensión o voltaje.
- Intensidad de la corriente.
- Impedancia del cuerpo.
- Trayectoria de la corriente.

- Duración del contacto.
- Frecuencia de la corriente.

### **3.1.1 Tipo de circuito continuo o alterno.**

La corriente eléctrica implicada, puede ser continua o alterna: mientras la corriente continua produce cambios electrolíticos y espasmos musculares, la corriente alterna produce contracciones musculares y sudoración.

La corriente continua, en general, no es tan peligrosa como la alterna, ya que entre otras cosas, es más fácil soltar los electrodos sujetos con la mano y para duraciones de contacto superiores al período del ciclo cardiaco, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado que en corriente alterna.

### **3.1.2 Tensión o voltaje.**

La tensión en sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo.

La relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que tenemos que referirnos a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales se correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

Las tensiones de seguridad aceptadas son 24 V para emplazamientos húmedos y 50 V para emplazamientos secos, siendo aplicables tanto para corriente continua como para corriente alterna.

### 3.1.3 Intensidad de corriente eléctrica.

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

**Umbral de percepción o sensibilidad:** Es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo al paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, se considera un valor de 0,5 [mA] en corriente alterna y 2 [mA] en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

Si se mide este umbral sobre otros órganos, también se pone de manifiesto la diferente sensibilidad de los mismos. Por ejemplo, el tejido más sensible del organismo es la retina (100 veces más que la mano), originándose sensaciones bajo la forma de fosfenos con corrientes de 0.02 [mA] aplicadas al ojo, mientras que la lengua responde a los 0.05 [mA].

**Umbral de reacción:** Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

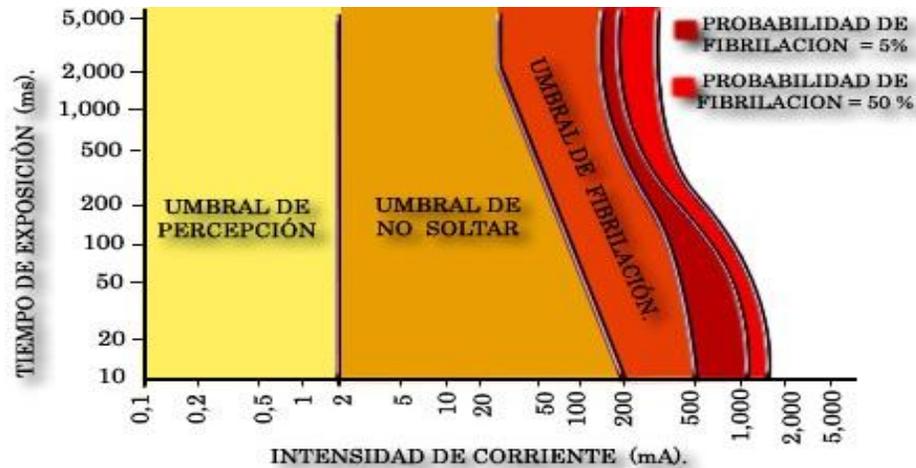
**Umbral de no soltar:** Cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor de la corriente a partir de la cual esta persona pierde el control muscular, se le conoce como “corriente paralizante” o la “escala bajo la cual se puede soltar los electrodos”. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 [mA], cualquiera que sea el tiempo de

exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.

**Umbral de fibrilación ventricular:** Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

En la gráfica 3.1 se representan los efectos de una corriente continua ascendente con trayecto mano izquierda-los dos pies; se puede apreciar que para una duración de choque superior a un ciclo cardíaco el umbral de fibrilación en corriente continua es muy superior que en corriente alterna.



Gráfica 3.1 Corriente eléctrica, efectos en el organismo.

### 3.1.4 Impedancia del cuerpo.

Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 [V] en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la temperatura, la humedad de la piel (la resistencia de la piel seca es 20 veces mayor que la de la piel húmeda), sin embargo, a partir de 50 [V] la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del

tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria, en la figura 3.1 se indican las impedancias de algunos recorridos comparados con los trayectos mano-mano y mano-pie que se consideran como impedancias de referencia (100%).

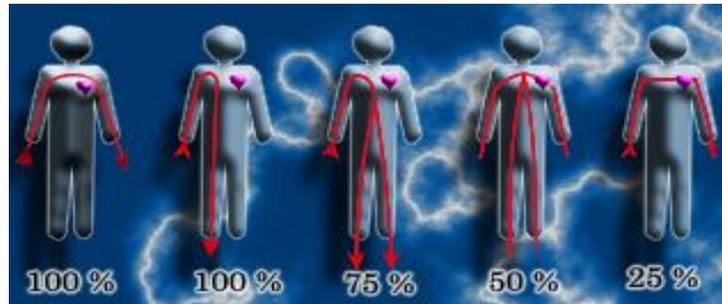


Fig. 3.1 Impedancia interna del organismo.

En las tablas 3.1a y 3.1b se indican los valores de la impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, tanto para corriente alterna y continua, respectivamente.

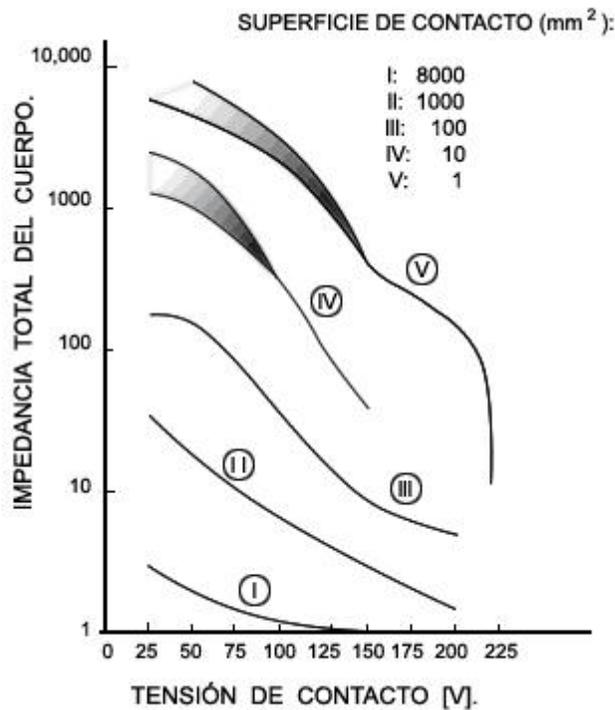
Tensión de contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, c. alterna, frecuencia 50-60 Hz, superficie de contacto 50-100 cm <sup>2</sup>		
	Impedancia total ( $\Omega$ ) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
valor asintótico	650	750	850

Tabla 3.1a Impedancia del cuerpo humano frente a la corriente alterna.

Tensión de contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, c. continua superficie de contacto 50-100 cm <sup>2</sup>		
	Impedancia total ( $\Omega$ ) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	2.200	3.875	8.800
50	1.750	2.990	5.300
75	1.510	2.470	4.000
100	1.340	2.070	3.400
125	1.230	1.750	3.000
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
valor asintótico	650	750	850

Tabla 3.1b Impedancia del cuerpo humano frente a la corriente continua.

Las variaciones de la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto, se representan en la gráfica 3.2, en relación con la tensión aplicada.



Gráfica 3.2 Impedancia del cuerpo en función de la superficie de contacto.

### 3.1.5 Trayectoria de la corriente.

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo es crucial, una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y por tanto menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza ocasionan los mayores daños.

Para los diferentes trayectos de la corriente en el organismo se aplica el llamado factor de corriente de corazón  $F$ , que permite calcular la equivalencia de densidad de corriente que atraviesa el corazón y varía de acuerdo a la tabla 3.2.

Trayectoria de la corriente	Factor de corriente del corazón (F)
Mano izquierda-pie derecho	1
Mano izquierda-pie izquierdo	1
Mano izquierda-dos pies	1
Dos manos-dos pies	1
Mano derecha-mano izquierda	0.4
Mano derecha-pie izquierdo	0.8
Mano derecha-pie derecho	0.8
Mano derecha-dos pies	0.8
Mano derecha-espalda	0.3
Mano izquierda-espalda	0.7
Mano derecha-pecho	1.3
Mano izquierda-pecho	1.5
Mano izquierda-glúteos	0.7
Mano derecha-glúteos	0.7
Dos manos-glúteos	0.7
Pie derecho-pie izquierdo	0.7

Tabla 3.2 Factores de corriente a través del corazón.

El factor  $F$  se calcula mediante la expresión:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

Siendo,

$I_h$  = corriente que atraviesa el cuerpo por un trayecto determinado.

$I_{ref}$  = corriente «mano izquierda-pies».

F = factor de corriente de corazón.

Si el paso de la corriente tiene como puntos de contacto las piernas y el piso, la lesión será menos perjudicial que en aquellos en que los polos del circuito están entre las dos manos o en su trayectoria está involucrado el corazón.

Mientras más tiempo dure el paso de la corriente por el organismo, más nefasto será su pronóstico. Si es superior a un segundo, necesariamente encontrará al corazón en el periodo vulnerable de su ciclo, provocando un paro cardíaco. La corriente es capaz de producir contracciones musculares que si persisten pueden incluso producir fracturas.

Esta duración de contacto entre medio ciclo cardíaco es de aproximadamente entre 0.4 y 5 segundos.

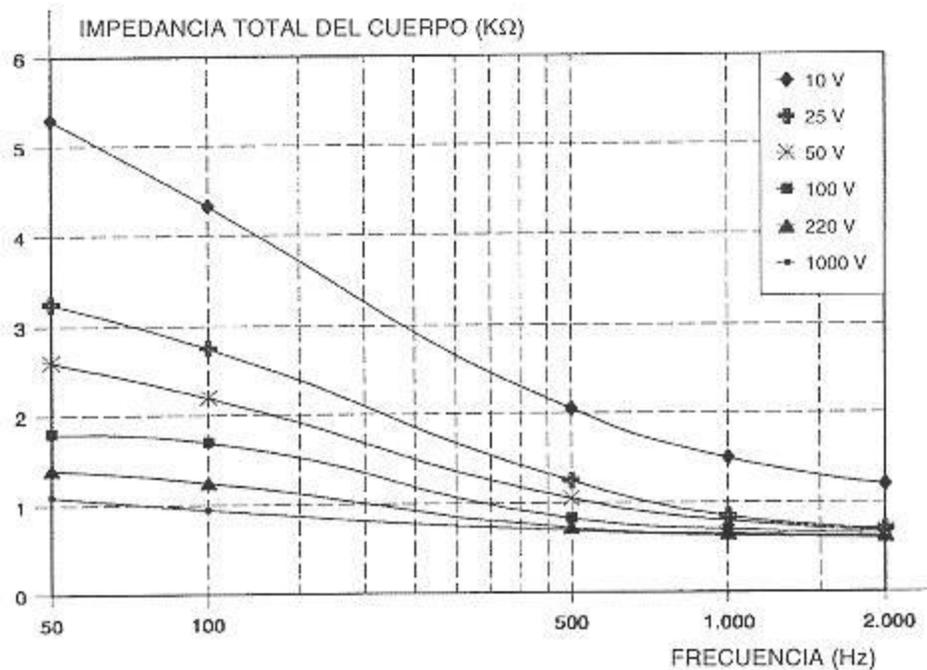
### 3.1.6 Frecuencia de la corriente eléctrica.

Normalmente, para uso doméstico e industrial se utilizan frecuencias de 60 [Hz] (en Europa de 50 [Hz]), pero cada vez es más frecuente utilizar frecuencias superiores, por ejemplo:

- 400 [Hz] en aeronáutica.
- 450 [Hz] en soldadura.
- 4 000 [Hz] en electroterapia.
- Hasta 1 [MHz] en alimentadores de potencia.

Experimentalmente se han realizado medidas de las variaciones de impedancia total del cuerpo humano con tensiones comprendidas entre 10 y 25 [V] en corriente alterna, y variaciones de frecuencias entre 25 [Hz] y 20 [KHz].

A partir de estos resultados se han deducido las curvas representadas en la gráfica 3.3 para tensiones de contacto comprendidas entre 10 y 1000 [V] y para un trayecto mano-mano o mano-pie.



Gráfica 3.3 Impedancia total en función de la tensión y la frecuencia.

Para tensiones de contacto de algunas decenas de volts, la impedancia de la piel decrece proporcionalmente cuando aumenta la frecuencia. Por ejemplo, a 220 [V] con una frecuencia de 1.000 [Hz] la impedancia de la piel es ligeramente superior a la mitad de aquella a 50 [Hz]. Esto es debido a la influencia del efecto capacitivo de la piel.

Sin embargo, a muy altas frecuencias disminuye el riesgo de fibrilación ventricular pero prevalecen los efectos térmicos. Con fines terapéuticos, es usual, en medicina el empleo de altas frecuencias para producir un calor profundo en el organismo. A partir de 100.000 [Hz] no se conocen valores experimentales que definan ni los umbrales de no soltar ni los

umbrales de fibrilación; tampoco se conoce ningún incidente, salvo las quemaduras provocadas por intensidades de algunos amperes y en función de la duración del paso de la corriente.

### 3.2 Efectos generales de la electricidad en el cuerpo humano.

Estos efectos, todavía no se conocen claramente en el aspecto clínico, las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular, por lo regular son los siguientes:

- a) **Quemaduras:** Se presenta porque la energía eléctrica generada por las corrientes de alta tensión se transforma en calor. A este tipo de lesión es más apropiado llamarlo necrosis eléctrica. En ocasiones se producen las llamadas "quemaduras por arco", cuando la corriente sigue la superficie cutánea, por ser la que menos resistencia ofrece, y buscar tierra directamente a partir de la piel.

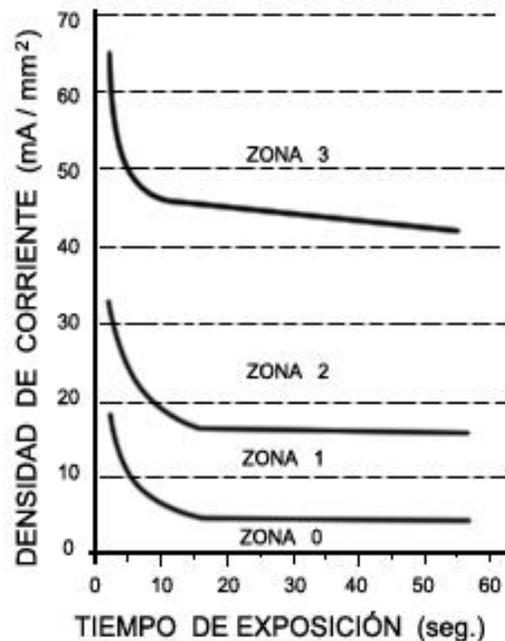


Fig. 3.2 Quemaduras por descarga de 220 [V] en un niño.

Para las quemaduras se han establecido unas curvas como muestran en la gráfica 3.4, que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada [ $\text{mA}/\text{mm}^2$ ] y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 0: habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso, la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.
- Zona 1: se produce un enrojecimiento de la piel con una hinchazón en los bordes donde estaba situado el electrodo.
- Zona 2: se provoca una coloración parda de la piel que estaba situada bajo el electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del electrodo.
- Zona 3: se puede provocar una carbonización de la piel.

Es importante resaltar que con una intensidad elevada y cuando las superficies de contacto son importantes se puede llegar a la fibrilación ventricular sin ninguna alteración de la piel.



Gráfica 3.4 Alteraciones de la piel en función de la corriente eléctrica.

- b) Fibrilación ventricular:** Consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento. El umbral de fibrilación ventricular varía de una persona a otra, y está influenciado por varios factores: hipoxia, factores metabólicos, stress, anestésicos, etc. por eso es que a veces corrientes de pequeños voltajes pueden producir este accidente, y es lo que se observa en la mayoría de los casos.

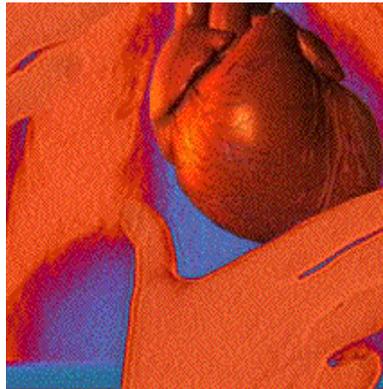


Fig. 3.3 Fibrilación ventricular.

- c) Contracciones musculares:** Estas pueden ser simples sacudidas o movimientos anormales semejantes a crisis convulsivas.



Fig. 3.4 Contracciones musculares.

- d) **Paro respiratorio:** Se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria y se presenta comúnmente con voltajes elevados.

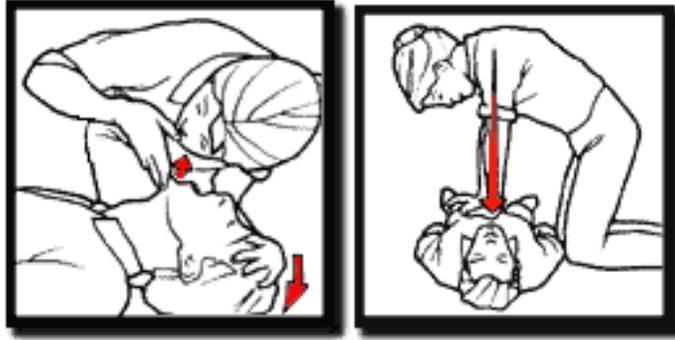


Fig. 3.5 Paro respiratorio.

- e) **Paro cardíaco:** Se produce con corrientes de alta tensión, pero la función ventricular se reanuda cuando cesa la corriente.



Fig. 3.6 Paro cardíaco.

- f) **Muerte:** Se presenta principalmente por afección neurológica y renal. En el aspecto neurológico es probable que esta sobrevenga por insuficiencia circulatoria o a causa de lesión en centros bulbares. Todavía no se sabe si esta lesión neurológica es secundaria al vasoespasmio o si se produce por aumento de la temperatura del cerebro, o bien si resulta de la lesión directa de las neuronas.



Fig. 3.7 Muerte.



## *Capítulo IV Requerimientos de seguridad para el suministro de energía eléctrica en áreas críticas.*

La seguridad en el manejo de la energía eléctrica en todas las instalaciones de suministro de energía requiere de un grado mayor de cuidado en ciertas áreas de los hospitales como la sala de quirófano y expulsión, donde se trata con equipos de soporte de vida y monitoreo de signos vitales, como electrocardiógrafos, bombas de drenaje, monitores, líneas intravenosas periféricas, los cuales no pueden dejar de ser alimentados por la energía eléctrica. Se trata también de la presencia de humedad debido al tipo de trabajo que se realiza; y también de anestésicos o gases utilizados, que pueden convertir esta zona en un área explosiva.

Los choques eléctricos en las sala de intervención no son muy frecuentes afortunadamente, pero debemos considerar que el número de aparatos eléctricos en el ambiente que rodea al paciente en esta área ha aumentado en los últimos años, exponiendo tanto al enfermo como al operador y todos los que lo rodean a riesgos de diferente naturaleza. Hay varios puntos importantes que considerar y que pueden contribuir a aumentar los riesgos eléctricos que se deben conocer para evitarlos.

Para poder calificar y cuantificar los niveles de riesgo causados por problemas de seguridad eléctrica en las salas de intervención, es necesario conocer los orígenes y efectos que estas pueden ocasionar.

## 4.1 Orígenes de los riesgos eléctricos en salas de intervención.

Como se analizó en el capítulo anterior el principal origen de los riesgos eléctricos se relaciona con el flujo de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, tanto pacientes, en el procedimiento quirúrgico y el monitoreo vital, como personal médico, en la ejecución de diagnóstico, están expuestos a estos riesgos eléctricos. En las salas de intervención quirúrgica se manejan términos más específicos como:

- Microdescargas y macrodescargas.
- Corriente de fuga.

### 4.1.1 Microdescargas y macrodescargas.

**Microdescargas:** También conocido como micro-shock es producido cuando una pequeña corriente del orden de los microamperes es aplicada o pasa directamente cerca del corazón. Esta corriente puede producir fibrilación ventricular, y como consecuencia causar la muerte o daños cerebrales irreversibles en el paciente si no son rápidamente corregidos. En forma breve el micro-shock se da cuando el contacto se produce en el interior del cuerpo.

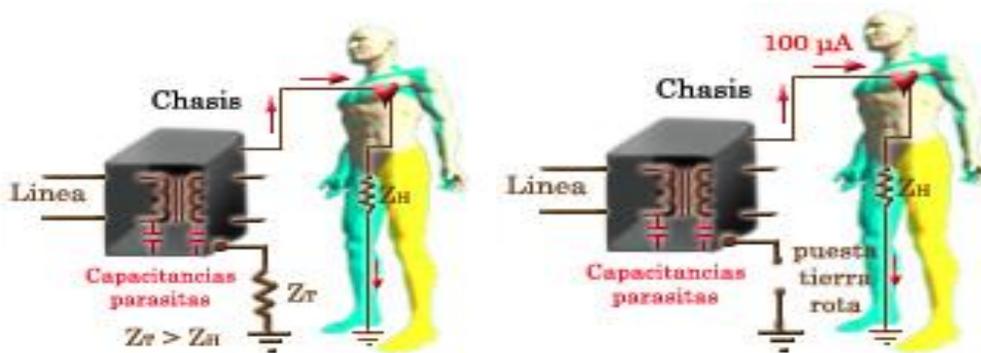


Fig. 4.1 Microdescargas en pacientes.

**Macrodescargas:** Es conocida comúnmente como macro-shock, es también una corriente pequeña pero a diferencia del micro-shock, esta atraviesa nuestro cuerpo en forma tangencial, es decir, cuando el contacto se da en la superficie del cuerpo.

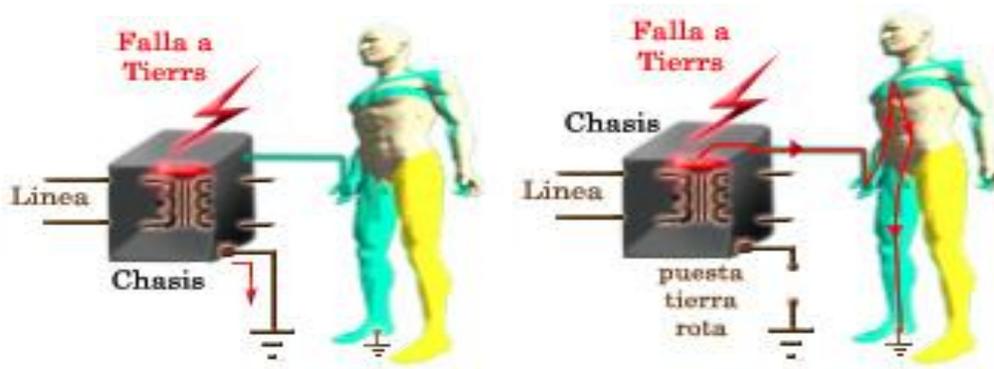


Fig. 4.2 Macrodescargas en personal hospitalario.

#### 4.1.2 Corriente de fuga.

El equipo eléctrico operando alrededor del paciente, aun cuando trabaje perfectamente, puede ser un riesgo. Esto es debido a que cada pieza de equipo eléctrico produce una corriente de fuga. La fuga consiste en cualquier corriente, incluyendo la corriente acoplada capacitivamente, que no es para aplicarse al paciente, pero la cual podría pasar desde partes metálicas expuestas de un aparato hacia tierra o hacia otra parte accesible de un aparato.

Normalmente, esta corriente se deriva alrededor del paciente a través de un conductor de tierra en el cable de energía. Sin embargo, conforme esta corriente aumente puede llegar a ser riesgosa para el paciente.

Estas corrientes se presentan de cuatro maneras diferentes principalmente:

- Corriente de fuga a tierra.
- Corriente de fuga a través de la envolvente.
- Corriente de fuga a través del paciente.
- Corriente auxiliar en el paciente.

**Corriente de fuga a tierra:** Es la corriente que circula desde la sección de red de alimentación a lo largo o a través del aislamiento hacia el conductor de protección de tierra.

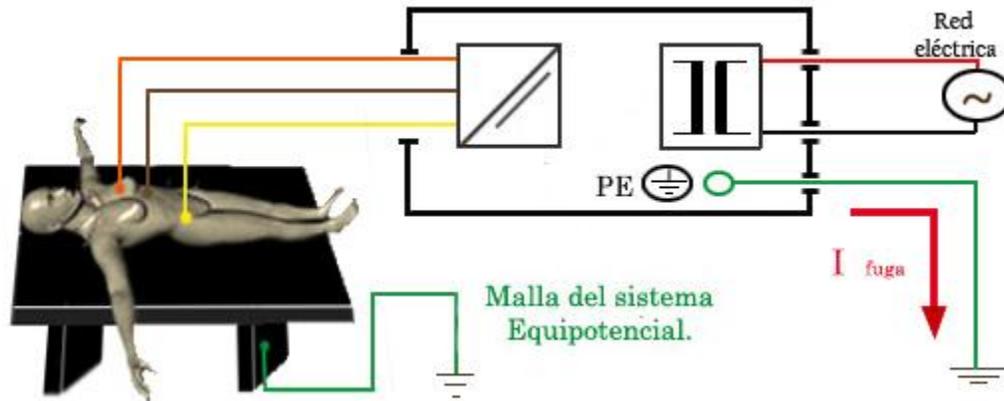


Fig. 4.3

**Corriente de fuga a través de la envolvente:** Es la corriente que circula desde la envolvente o una de sus partes a tierra o a otra parte de dicha envolvente a través de una conexión conductora externa diferente a la conexión del conductor de protección.

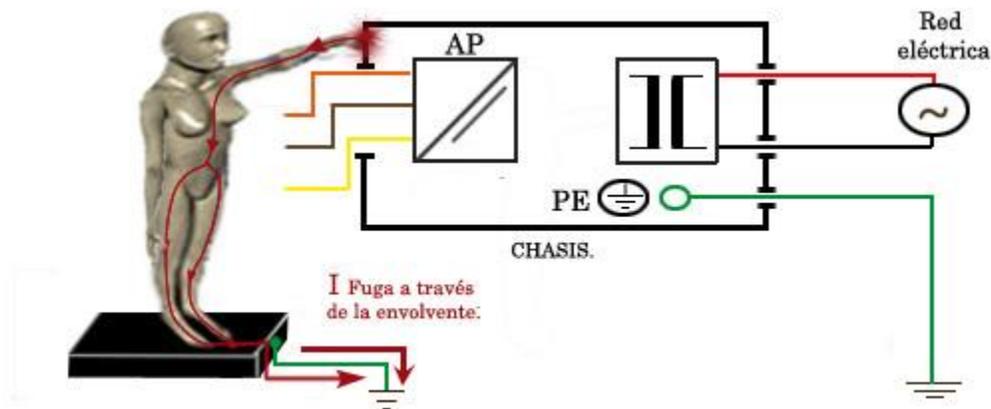


Fig. 4.4

**Corriente de fuga a través del paciente:** Es la corriente que circula desde la parte aplicable a tierra a través del paciente (excluyendo cualquier corriente funcional del paciente) o que circula desde el paciente a tierra a través de una parte aplicable aislada tipo

flotante, originada por la presencia inesperada sobre el paciente de una tensión procedente de una fuente externa.

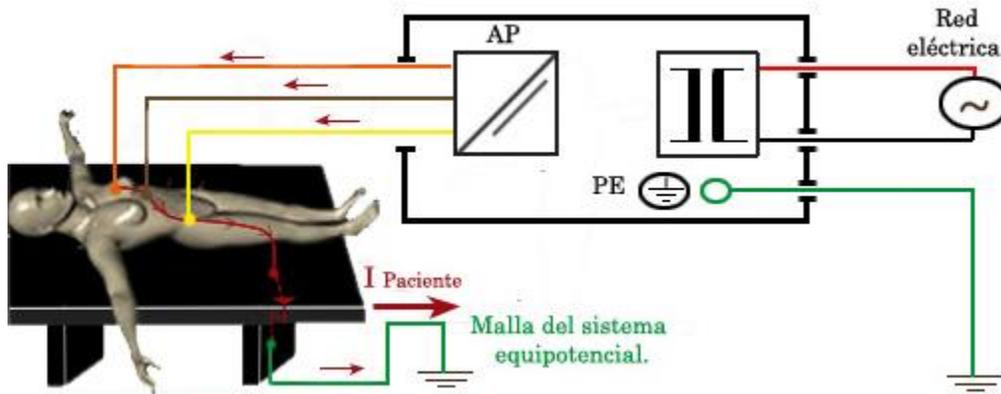


Fig. 4.5

**Corriente auxiliar en el paciente:** Es la corriente que circula en el paciente en utilización normal entre elementos de la parte aplicable y no destinada a producir un efecto fisiológico por ejemplo, la corriente de polarización de los amplificadores o las corrientes utilizadas en pletismografía de impedancia.

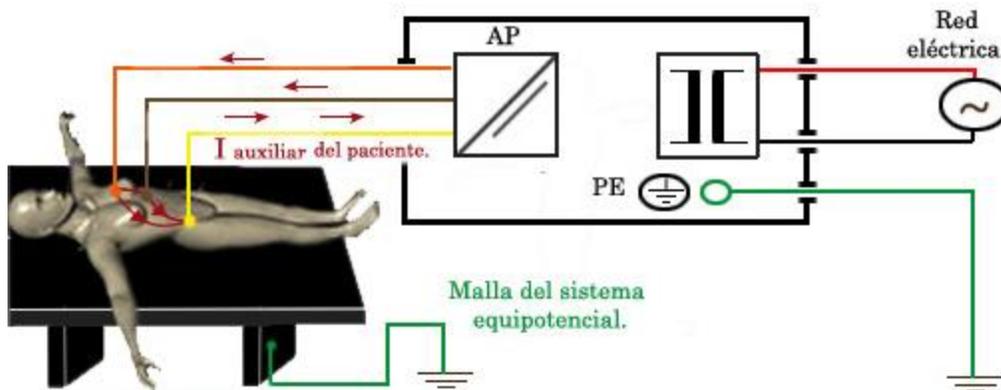


Fig. 4.6

## **4.2 Requerimientos de seguridad del sistema eléctrico en las salas de intervención.**

No existe un sistema eléctrico perfecto o un equipo infalible para eliminar los accidentes eléctricos en las áreas críticas, sin embargo, en la actualidad se pueden reducir estos riesgos a un nivel extremadamente seguros.

Para diseñar un sistema eléctrico seguro, las áreas críticas deberán contar con un sistema de distribución aislado eléctricamente.

### **4.2.1 Sistema de distribución aislado.**

El sistema de aislamiento es un "sistema de distribución eléctrico no puesto a tierra aislado".

El diseño eléctrico de sistemas aislados cuenta con los siguientes elementos:

- Sistema equipotencial.
- Transformadores de aislamiento.
- Detectores de corrientes de fuga.
- Circuitos de emergencia.

#### **4.2.1.1 Sistema equipotencial.**

El sistema equipotencial se logra al instalar dos elementos muy importantes dentro de las salas de intervención. Estos elementos son:

- La puesta a tierra.
- Piso conductivo.

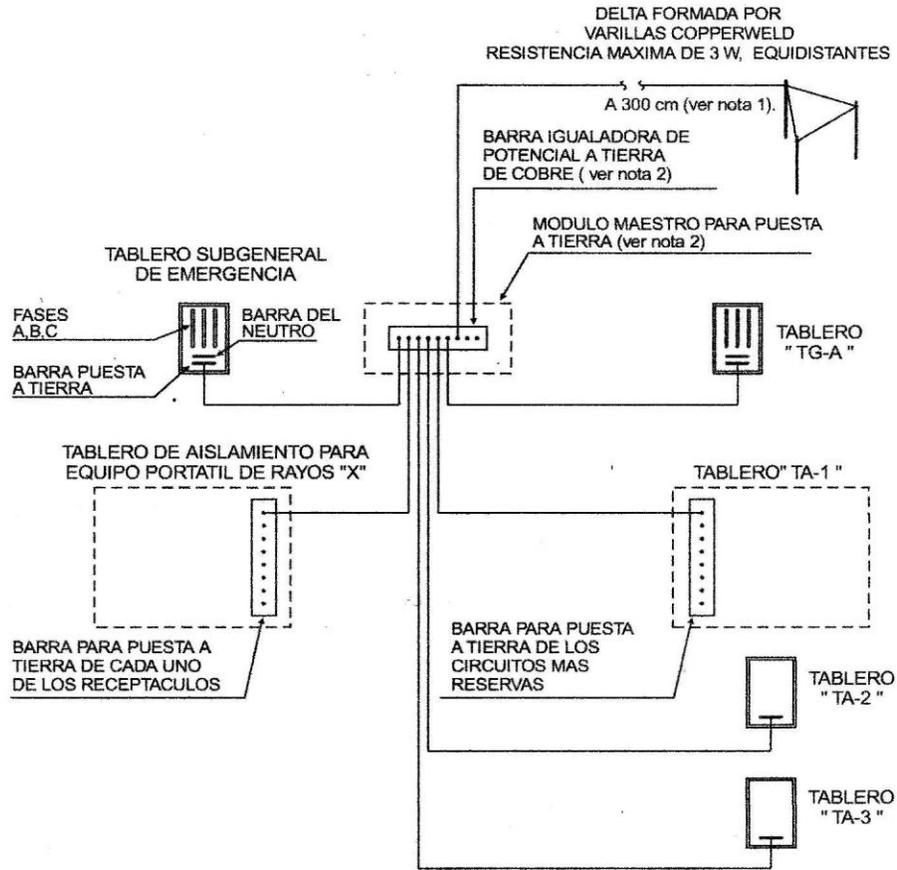
**Puesta a tierra.**

Conectar aparatos eléctricos localizados cerca de, o aplicados al paciente por medio de una puesta a tierra reduce el peligro de las corrientes de fuga o de falla hacia el mismo.

Interconectando todas las superficies de metal dentro del área del paciente, las diferencias de potencial entre la superficie metálica se pueden mantener en un mínimo. Ya que se requiere una diferencia de potencial para producir un flujo de corriente, todo el plano de tierra se puede elevar arriba del potencial cero de tierra, siempre y cuando todas las partes metálicas estén al mismo potencial. Aun si una persona toca dos piezas de metal, ambas a 10 [V], no se podrá desarrollar una trayectoria de corriente. Este plano de tierra se establece usando un sistema de puesta tierra conectado adecuadamente.

La puesta a tierra adecuada disipa las cargas estáticas y deriva las corrientes de falla y las corrientes de fuga normales, lejos de los que atienden al paciente.

En la figura 4.7, se puede observar el diagrama de conexiones de la puesta a tierra en un sistema de distribución aislado dentro de la sala de cirugía. Como puede observarse, todas y cada una de las barras de tierra de todos los tableros están unidas entre sí.



- NOTAS:
- \*. EL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y EL DIAMETRO DE SU CANALIZACION DEBEN SELECCIONARSE DE ACUERDO A LO INDICADO EN LA NOM-001 Y UL-1047.
  - 1. EL SISTEMA DE TIERRAS NO SE RESTRINGE A FORMAR SOLO CONFIGURACION EN DELTA.
  - 2. SELECCION DE ACUERDO A DISEÑO. SELECCION DE ACUERDO A DISEÑO ESPECIFICO.

Fig. 4.7 Puesta a tierra para el sistema equipotencial.

### Piso conductivo.

Las cargas estáticas, producidas por el tratamiento al paciente, los alojamientos y cajas de los aparatos electrónicos, además de la puesta a tierra, necesitan de la instalación de un piso semiconductor. Este piso tiene la finalidad de que los potenciales estáticos no alcancen valores peligrosos, ni que estos se acumulen en grandes cantidades, evitando que estas se descarguen automáticamente sobre el paciente produciendo una microdescarga o una chispa

de energía eléctrica estática que pueda iniciar un incendio por la manipulación de sustancias inflamables.

El piso semiconductor debe contar con los siguientes requerimientos técnicos:

- Debe de ser de material vinilo virgen.
- La resistencia eléctrica de una muestra de 1.22 x 1.22 [m] debe ser  $\leq 1 \times 10^6$  [ $\Omega$ ], medidos entre dos electrodos separados 0.914 [m], sobre la muestra.
- La resistencia eléctrica de una muestra de 1.22 x 1.22 [m], debe ser  $> 25 \times 10^3$  [ $\Omega$ ], medidos entre la conexión a tierra y un electrodo separado sobre la muestra 0,914 [m].
- Las cubiertas de las mesas de cirugía, camillas para pacientes, cojines y almohadillas deben tener revestimientos conductivos y su resistencia no debe ser mayor de  $1 \times 10^6$  [ $\Omega$ ].
- Los accesorios del equipo de anestesia de material plástico o flexible, deben tener un recubrimiento conductivo y su resistencia no debe ser  $> 1 \times 10^6$  [ $\Omega$ ].

El piso conductivo así como el proceso de colocación de éste en la sala de intervención se observan en la figura 4.8 y 4.9 respectivamente.

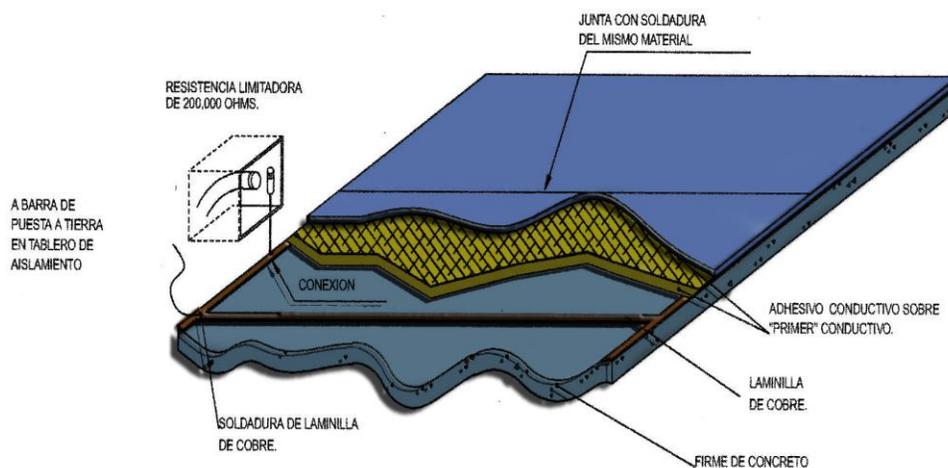


Fig. 4.8 Piso semiconductor.



Fig. 4.9 Colocación de piso semiconductor.

#### 4.2.1.2 Transformadores de aislamiento.

Es posible usar la energía disponible en un receptáculo en un servicio no puesto a tierra. Para ello el primer paso es aislar el receptáculo de la puesta a tierra de servicio general. Hay varias maneras de aislar la energía, pero la más común y económica es el uso de un transformador de aislamiento.

La energía eléctrica puesta a tierra energiza una bobina del transformador de aislamiento; de razón 1:1, esta bobina se denomina devanado primario. Esto induce una corriente en el devanado secundario, el cual está completamente aislado del devanado primario por medio de inducción electromagnética. No existe una conexión eléctrica directa entre las bobinas del primario y el secundario como se muestra en el diagrama de la figura 4.10.

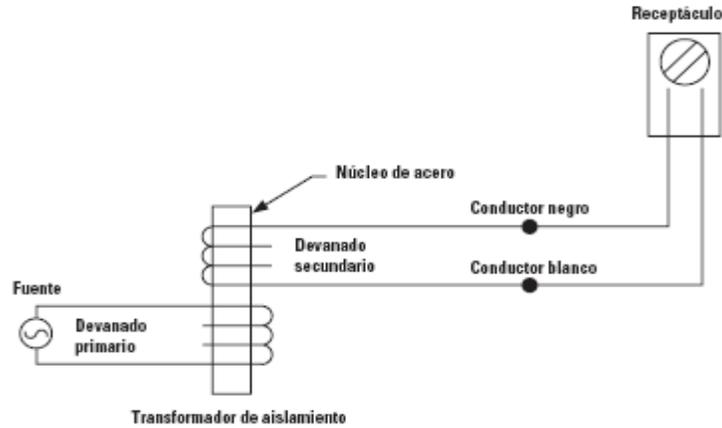


Fig. 4.10 Diagrama de receptáculo en sistemas aislados.

Cuando los dispositivos eléctricos se conectan a través de dos conductores del transformador, trabajan como si estuvieran conectados directamente a un sistema puesto a tierra. La conclusión que se puede obtener, es que el transformador de aislamiento proporciona la misma energía eléctrica útil que la que proporciona un circuito de energía puesto a tierra sin la existencia de un potencial peligroso a tierra desde cualquiera de los conductores de un sistema eléctrico aislado.

Los transformadores de aislamiento en un sistema eléctrico aislado deben de cumplir las siguientes condiciones:

- Debe ser del tipo de aislamiento clase H con un nivel de ruido inferior a 25 [dB].
- Debe estar diseñada para prevenir cortos circuitos entre los devanados primario y secundario, así como estar físicamente separados.
- La pérdida de corriente capacitiva del secundario no debe exceder a 10 [ $\mu$ A].
- La tensión del devanado secundario deberá ser de 120 [V].
- Frecuencia de operación será de 60 [Hz].
- Corriente de fuga a tierra en el devanado secundario deberá ser inferior a 10 [ $\mu$ A].

El límite de tensión y de potencia para transformadores de aislamiento monofásicos será de 220 [V] y 10 [kVA]; en salas de intervención quirúrgica comúnmente se ocupan 5 [kVA], para otros transformadores de aislamiento el valor límite será de 380 [V] y 18 [kVA].



Fig. 4.11 Transformador de aislamiento.

#### 4.2.1.3 Detectores de corrientes de fuga.

Debido a que un sistema aislado puede llegar a estar puesto a tierra muy fácilmente sin dar ninguna indicación al usuario, debe haber una forma de monitorear la integridad del aislamiento del sistema. Con este monitoreo tiene que existir algún señalamiento cuando el sistema se ponga a tierra. Cuando el sistema se ponga a tierra parcialmente, también es necesario el señalamiento, pero debe existir un límite para que la señal empiece a sonar. Se debe activar la alarma cuando la integridad de un sistema no puesto a tierra aislado se degrada al nivel de que fluya una corriente de fuga mayor o igual a 5 [mA] desde cualquier conductor secundario hacia tierra, a través de una falla. Para verificar continuamente la impedancia total del sistema aislado no aterrizado hacia tierra, se requiere un monitor de *aislamiento de línea* MAL o LIM por las siglas en inglés (Line Insulated Monitor).

Hay dos puntos a considerar:

- Una alarma activada no significa que está fluyendo una corriente peligrosa. El MAL o LIM es un dispositivo predictivo; mediante la alarma sonora predice que podría

producir una corriente de 5 [mA] desde un conductor del sistema aislado hacia tierra, si se presenta una trayectoria para esa corriente. Este dispositivo requiere que esté presente en el sistema una segunda falla eléctrica antes de que se presente una condición real de peligro.

- El MAL o LIM no interrumpe el servicio eléctrico. La pérdida de integridad de un sistema no puesto a tierra no afecta la operación de los dispositivos de apoyo a la vida.

El monitor de aislamiento está equipado con un medidor que proporciona una indicación continua de la condición del sistema. Este medidor se calibra en [mA] de corriente; su posición nos indica qué tanta corriente podría fluir desde cualquier conductor de un sistema aislado hacia tierra, si se presenta una trayectoria adecuada.

Están disponibles varios tipos de monitores de aislamiento de línea, algunos han sido reemplazados por su antigüedad. Los principales monitores que aun se encuentran en servicio son:

- Detector de tierra.
- Detector de tierra dinámico.
- Monitor de línea microprocesado.

**Detector de tierra.** La primera unidad no es realmente un MAL, sino más bien un detector de tierra, el cual es esencialmente un dispositivo de puente balanceado. Barato de constituir y confiable debido a su simplicidad, el detector de tierra no se ve afectado ni tampoco crea cualquier rara interferencia de radio frecuencia (IRF). Sin embargo, solamente reconoce fallas desbalanceadas, resistivas o capacitivas; no puede reconocer un sistema parcialmente puesto a tierra. Esta incapacidad para hacer sonar la alarma en un sistema no puesto a tierra es la razón principal por lo que los reglamentos y las normas ya no permiten su uso.

En el campo se han observado sistemas que permiten que fluya una corriente de línea a tierra de hasta 30 [mA] (30,000 [μA]) sin sonar la alarma. Esta condición muy peligrosa puede causar una explosión o un riesgo eléctrico al paciente o al personal del hospital.

**Detector de tierra dinámico (MAL).** Se denominan detectores de tierra dinámicos, ya que el sistema de medición se conmuta continuamente entre dos conductores aislados y tierra. De esta forma, supera la falla más grande de los detectores de tierra estáticos: la incapacidad para reconocer y hacer sonar una alarma ante la ocurrencia de una condición de falla desbalanceada excesiva.

Aun cuando esta unidad cumple los reglamentos y normas actuales, tiene dos características indeseables:

1. El MAL (LIM) se conecta a tierra a través de una resistencia alta, de tal forma que puede medir la impedancia del sistema total. Esto reduce la integridad del sistema aislado aterrizándolo parcialmente. Con nada conectado al sistema excepto el MAL (LIM) podrían fluir 1000 [ $\mu\text{A}$ ] desde cualquier línea de un sistema aislado hacia tierra. Si el MAL se calibra para hacer sonar una alarma cuando fluyan 2000 [ $\mu\text{A}$ ] desde cualquier línea hacia tierra, aproximadamente la mitad de la capacidad total del sistema sería dedicada al MAL (LIM). Esto limita el número de equipos que pueden conectarse a un sistema aislado, lo que a menudo requiere dos sistemas en una sala de operación, en lugar de uno.
2. La conmutación entre los conductores aislados y tierra, ocasiona interferencia en el sistema aislado. Algunas veces esta interferencia se puede detectar en el equipo de monitoreo del paciente, creando dificultades para reunir la información necesaria por el grupo de médicos. En casos extremos se hace imposible usar equipos médicos sin desconectar el MAL. La magnitud de la dificultad que se presenta con la interferencia varía en función de la instalación y el diseño del equipo de monitoreo del paciente.

**Monitor de aislamiento de línea microprocesado.** Estos dispositivos representan la generación más reciente de monitores de aislamiento de línea. Virtualmente elimina todas las características indeseables en los primeros detectores de tierra dinámicos y en los monitores de aislamiento de línea. Contribuye solamente con 50 [ $\mu\text{A}$ ] de fuga al sistema, alrededor del 1% de la capacidad útil del sistema.

Los circuitos especiales desarrollados monitorean ambos lados la línea de manera continua, eliminando la necesidad de la conmutación. No genera ninguna interferencia que podría afectar a los dispositivos del monitoreo del paciente.

Los monitores de aislamiento en general serán electrónicos para 60 [Hz] y deberán tener:

- Impedancia interna a 60 [Hz] mayor a 100 [k $\Omega$ ].
- Voltaje de prueba no mayor a 25 [Vcc].
- Corriente inyectada bajo condiciones de uso no será mayor a 1 [mA] pico.
- Indicador cuando la resistencia de aislamiento baje a 50 [k $\Omega$ ].
- Indicar cuando ocurra una sobrecarga y una sobre temperatura en el transformador.

Además puede incluir:

- Un display digital.
- Indicador de medida de aislamiento de 10 [k $\Omega$ ] a 5000 [k $\Omega$ ].
- Medidor de corriente de carga del transformador a través de un toroide de 5 a 50 [A].

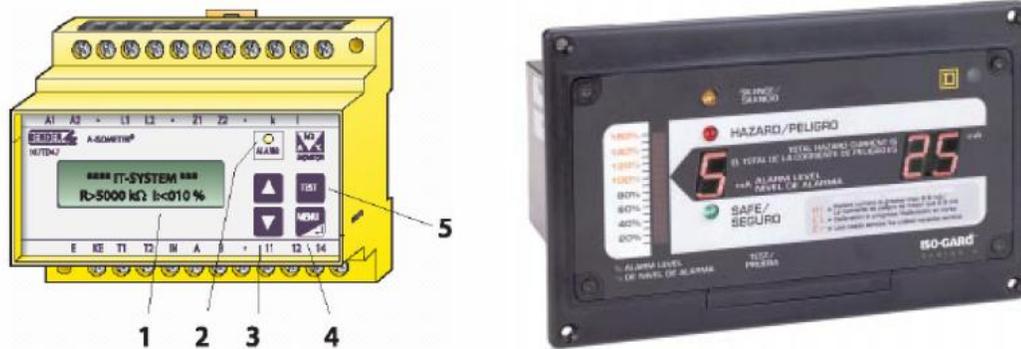


Fig. 4.12 Monitores de aislamiento.

En el siguiente diagrama se pueden apreciar los elementos hasta aquí mencionados en el sistema de distribución aislado en las salas de intervención comunes en los hospitales.

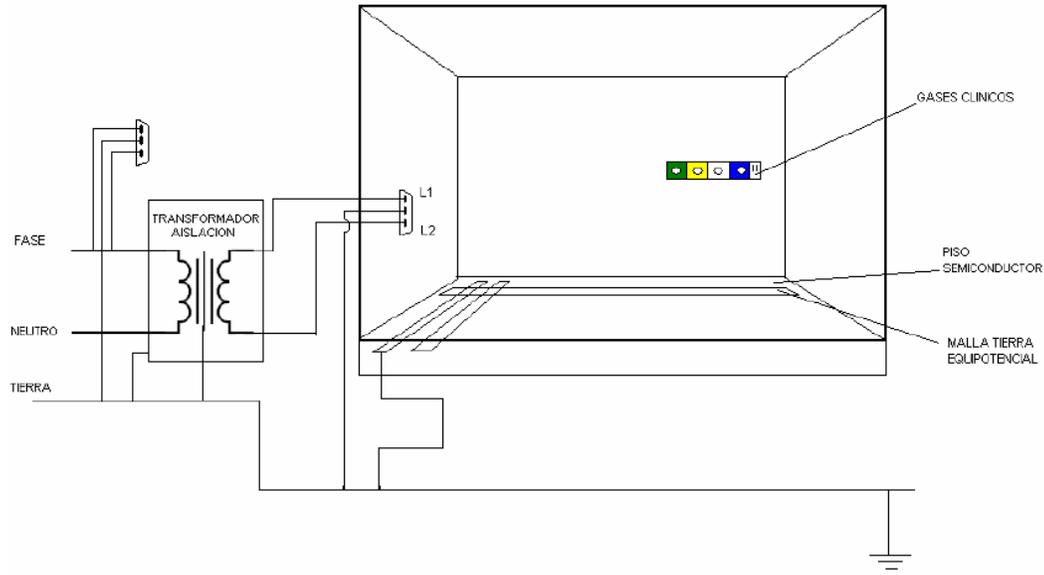


Fig. 4.13.

#### 4.2.1.4 Equipos de emergencia.

En el sistema de distribución aislado se toman en cuenta los equipos de emergencia, comúnmente llamados sistemas de emergencia, debido a que el sistema de distribución aislado alimenta a la unidad de cirugía, considerada como carga crítica y ésta no deberá tener interrupciones de energía eléctrica prolongadas por tener a su cargo la seguridad de vida de los pacientes.

El sistema de emergencia es requerido por la ley y clasificado como tal por legislaciones federales vigentes.

El sistema de emergencia está compuesto de un grupo electrógeno de combustible diesel de operación manual y automática.

## Grupo electrógeno.

Los grupos electrógenos llamadas comúnmente *plantas eléctricas*, son máquinas que mueven un generador a través de un motor de combustión interna. Su utilidad es la de garantizar la continuidad del servicio eléctrico cuando existe una falla en el suministro de energía por parte de la compañía que suministra el servicio eléctrico mediante la disposición de un arreglo con otros dispositivos electromecánicos; como se muestra en la figura 4.14.

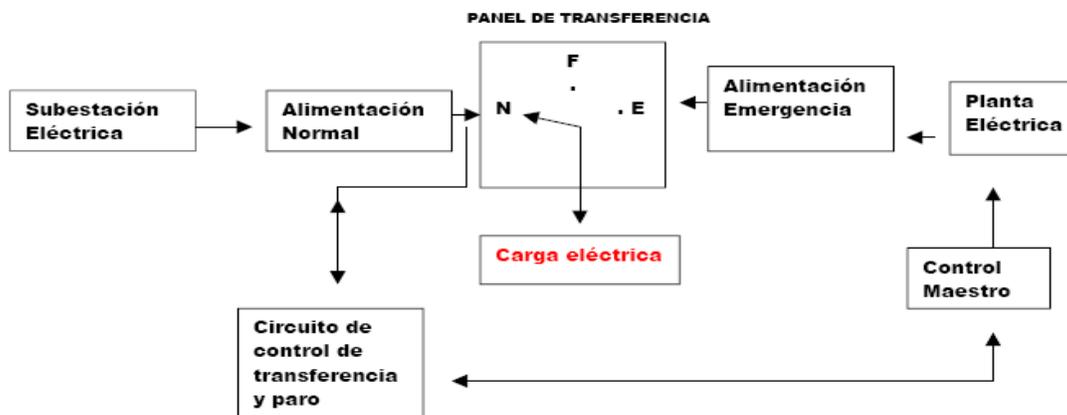


Fig. 4.14 Diagrama de bloques de la alimentación del sistema eléctrico.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes detalladas en la figura 4.15, donde se puede apreciar lo siguiente:

- **Motor Diesel.** El motor Diesel que acciona el Grupo Electrónico ha sido seleccionado por su fiabilidad y por el hecho de que se ha diseñado específicamente para accionar Grupos Electrónicos. La potencia útil que se quiera suministrar nos la proporcionará el motor, así que, para una determinada potencia, habrá un determinado motor que cumpla las condiciones requeridas. Filtro del aire (*elemento 1*).

- **Sistema eléctrico del motor.** El sistema eléctrico del motor es de 12 [Vcc], excepto aquellos motores los cuales son alimentados a 24 [Vcc], negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una batería(s) libre de mantenimiento (acumuladores de plomo) (*elemento 9*), sin embargo, se pueden instalar otros tipos de baterías si así se especifica, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un monocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga (*elemento 4*) del motor, para detectar un fallo de carga en la batería.
- **Sistema de refrigeración.** El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes (*elemento 5*).
- **Alternador.** La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas (*elemento 6*) acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.
- **Depósito de combustible y bancada.** El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia (*elemento 8*). La bancada incluye un depósito de combustible (*elemento 10*) con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.
- **Aislamiento de la vibración.** El Grupo Electrónico está dotado de tacos antivibrantes (*elemento 7*) diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor-Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- **Silenciador y sistema de escape.** El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrónico (*elemento 2*). El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.
- **Sistema de control.** Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control (*elemento 3*) para controlar el funcionamiento y salida del grupo

y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.

- **Interruptor automático de salida.** Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual. Para Grupos Electrónicos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.
- **Otros accesorios instalables en un Grupo Electrónico.** Además de lo mencionado anteriormente, existen otros dispositivos que nos ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo. Para la regulación automática de la velocidad del motor se emplean una **tarjeta electrónica de control** para la señal de entrada "pick-up" y salida del "actuador". **El pick-up** es un dispositivo magnético que se instala justo en el engranaje situado en el motor, y éste, a su vez, está acoplado al engranaje del motor de arranque. El pick-up detecta la velocidad del motor, produce una salida de voltaje debido al movimiento del engranaje que se mueve a través del campo magnético de la punta del pick-up, por lo tanto, debe haber una correcta distancia entre la punta del pick-up y el engranaje del motor. **El actuador** sirve para controlar la velocidad del motor en condiciones de carga. Cuando la carga es muy elevada la velocidad del motor aumenta para proporcionar la potencia requerida y, cuando la carga es baja, la velocidad disminuye, es decir, el fundamento del actuador es controlar de forma automática el régimen de velocidad del motor sin aceleraciones bruscas, generando la potencia del motor de forma continua. Normalmente el actuador se acopla al dispositivo de entrada del fuel-oil del motor.

Cuando el grupo se encuentra en un lugar muy apartado del operario y funciona las 24 horas del día es necesario instalar un mecanismo para reestablecer el combustible gastado a través de una bomba de trasiego.

Cuando las condiciones de frío en el ambiente son intensas se dispone de un dispositivo calefactor denominado **Resistencia de Precaldeo** que ayuda al arranque del motor. Los Grupos Electrónicos refrigerados por aire suelen emplear un radiador eléctrico, el cual se pone debajo del motor, de tal manera que mantiene el aceite a una cierta temperatura. En los motores refrigerados por agua, la resistencia de precaldeo va acoplada al circuito de refrigeración, ésta resistencia se alimenta de 220 [Vca] y calienta el agua de refrigeración para calentar el motor. Ésta resistencia dispone de un termostato ajustable; en él seleccionamos la temperatura adecuada para que el grupo arranque en breves segundos.

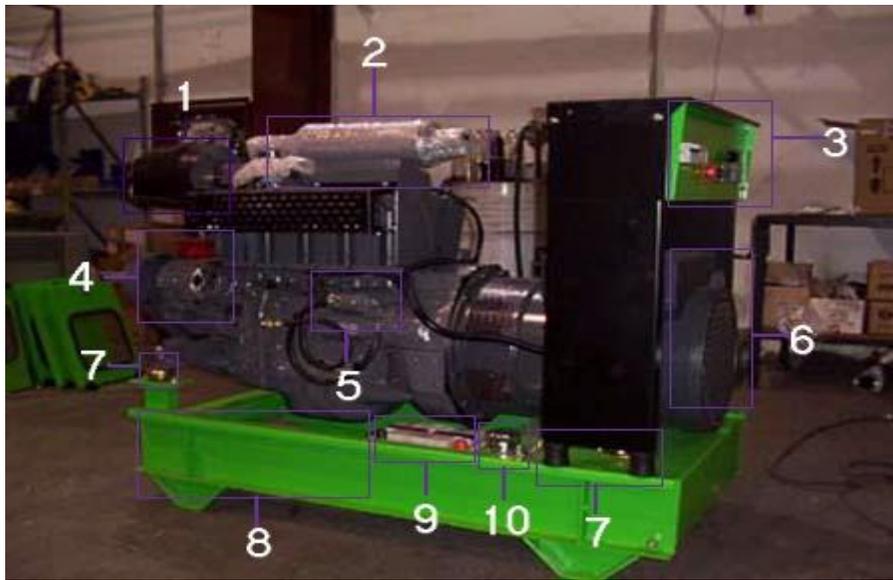


Fig. 4.15 Partes del grupo electrógeno.

# *Capítulo V Proyecto de instalación eléctrica para el área de cirugía de un hospital regional de la Secretaría de Salud.*

Los alcances del proyecto se limitan a establecer el diseño y cálculo de la instalación eléctrica en el quirófano o sala de operaciones y la sala de expulsión de un hospital regional de la Secretaría de Salud perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). No debemos olvidar que el diseño en estas áreas del hospital repercute en toda la infraestructura del sistema eléctrico y en gran parte del hospital.

## **5.1 Antecedentes del proyecto.**

La Secretaría de Salud y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) tienen a su cargo la construcción de hospitales regionales para atender casos que no requieran de especialidades específicas, pero que proporcionen un servicio completo de atención a la salud. En la actualidad la mayoría de los hospitales regionales de la Secretaría de Salud y el IMSS cuentan con servicio de cirugía, es decir, con quirófano y sala de expulsión para los diferentes procesos quirúrgicos manuales e instrumentales, partos por cesárea, cirugía ambulatoria, etc. Estas zonas, consideradas como críticas o de riesgo, son de especial interés en el diseño del suministro de energía eléctrica para un hospital. En estos lugares, prioritarios de este tipo de inmuebles, además de que la energía eléctrica no debe ser interrumpida intempestivamente, los pacientes están expuestos a peligros añadidos a su condición de enfermos debido a defectos de funcionamiento en la instalación eléctrica que

alimenta a los equipos de electromedicina con los que se trata al paciente durante dichos procesos quirúrgicos.

## 5.2 Referencias de diseño.

Nuestro estudio se centra en el “*área de cirugía*” (sala de quirófano y sala de expulsión) del *hospital regional de Temixco, Morelos* del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). La ubicación de estas áreas se puede apreciar en los planos 1 y 2 del apéndice A. El Diseño del Proyecto se ha realizado con base en los requisitos de la norma **NOM-001-SEDE-2005** *Instalaciones eléctricas “utilización”* (ver apéndice B).

## 5.3 Objetivo del proyecto de tesis.

**ESTABLECER, DIMENSIONAR Y CALCULAR LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA PROPORCIONAR Y GARANTIZAR EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE CIRUGÍA DE UN HOSPITAL REGIONAL DE TEMIXCO, MORELOS.**

## 5.4 Definición del problema.

El problema que se plantea es el cálculo y diseño de la instalación eléctrica para proporcionar el servicio de iluminación general y fuerza eléctrica con el fin de reforzar la seguridad de los pacientes y personal médico ante cualquier falla inesperada de suministro eléctrico en el área de cirugía del hospital regional de Temixco, Morelos.

## 5.5 Propuesta de solución.

En este proyecto se tomará en cuenta el diseño del Sistema Eléctrico de Emergencia del hospital, para remarcar la importancia que adquiere en estos edificios un suministro eléctrico constante y sin fallas prolongadas de falta de la energía eléctrica.

## 5.6 Suministro de energía eléctrica.

De acuerdo con la **NOM-001-SEDE-2005** *Instalaciones eléctricas “utilización”*, en el apartado de *instalaciones en lugares de atención de la salud*, artículo 517-30 inciso b) **“Sistemas eléctricos esenciales para hospitales”** y en el artículo 517-44 **“Fuentes de energía”**, nos indican que el sistema eléctrico esencial en los hospitales debe contar de sistemas independientes entre ellos, capaces de suministrar energía eléctrica durante el tiempo que el servicio eléctrico normal se interrumpe por cualquier razón. Estos sistemas son:

- Sistema de emergencia.
- Sistema para circuitos de reserva y equipos.

En una forma rápida podemos decir que el *Sistema Normal* es el conjunto de elementos que se requieren para el acondicionamiento del suministro otorgado por la compañía productora de energía, en este caso CFE (Comisión Federal de Electricidad).

Al conjunto de elementos necesarios para alimentar eléctricamente la Unidad de Salud en caso de una falla del Sistema Normal se le llama *Sistema de Emergencia*.

Al inicio del estudio de este proyecto verificamos que en el hospital se había establecido contar con un Sistema de Emergencia del cual se derivaron otros tres sistemas: Sistema de Energía Reservado (Tablero TGR), Sistema de Energía de Seguridad de la Vida (Tablero TGS) y Sistema Crítico (Tablero CB).

Nosotros partiremos del **Tablero CB** y nos enfocaremos en las áreas críticas del hospital de las cuales determinaremos las *cargas críticas* y la forma en como se distribuirán las protecciones definiendo así el tablero de distribución por medio del cual alimentaremos los tableros de aislamiento que serán parte esencial de todo el proyecto de instalación eléctrica en estas áreas del hospital regional.

Finalmente al proporcionar nosotros estos datos complementarios a los de todo el hospital se determinarán las características técnicas de la subestación y otros equipos eléctricos para un eficiente suministro de energía eléctrica. En otras palabras este proyecto esta relacionado con toda la infraestructura eléctrica a instalar y sólo teniendo las dimensiones de las cargas totales sabremos con exactitud las características de los equipos de distribución eléctrica que serán instalados.

La planta arquitectónica del hospital regional de Temixco, Morelos (ver apéndice A: plano 2) se divide en 5 zonas que son:

- A = Zona de Consulta Externa y Oficinas.
- B = Zona de Hospitalización y Quirófanos.
- C = Zona de Farmacias y Estudios Clínicos.
- D = Zona de Emergencias.
- E = Zona de Comedor y Mortuorio.
- F = Zona de Alumbrado Exterior.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de bloques de la distribución del sistema eléctrico en este hospital de acuerdo a las diferentes zonas definidas anteriormente; se puede observar la distribución de los tableros para las cargas ya calculadas en las otras áreas del hospital que no están contempladas para su análisis en este proyecto de tesis, pero que ya han sido calculadas y que nos fueron proporcionadas con anticipación para poder dar los datos de las características exactas de los elementos que compondrán el sistema eléctrico esencial del hospital.

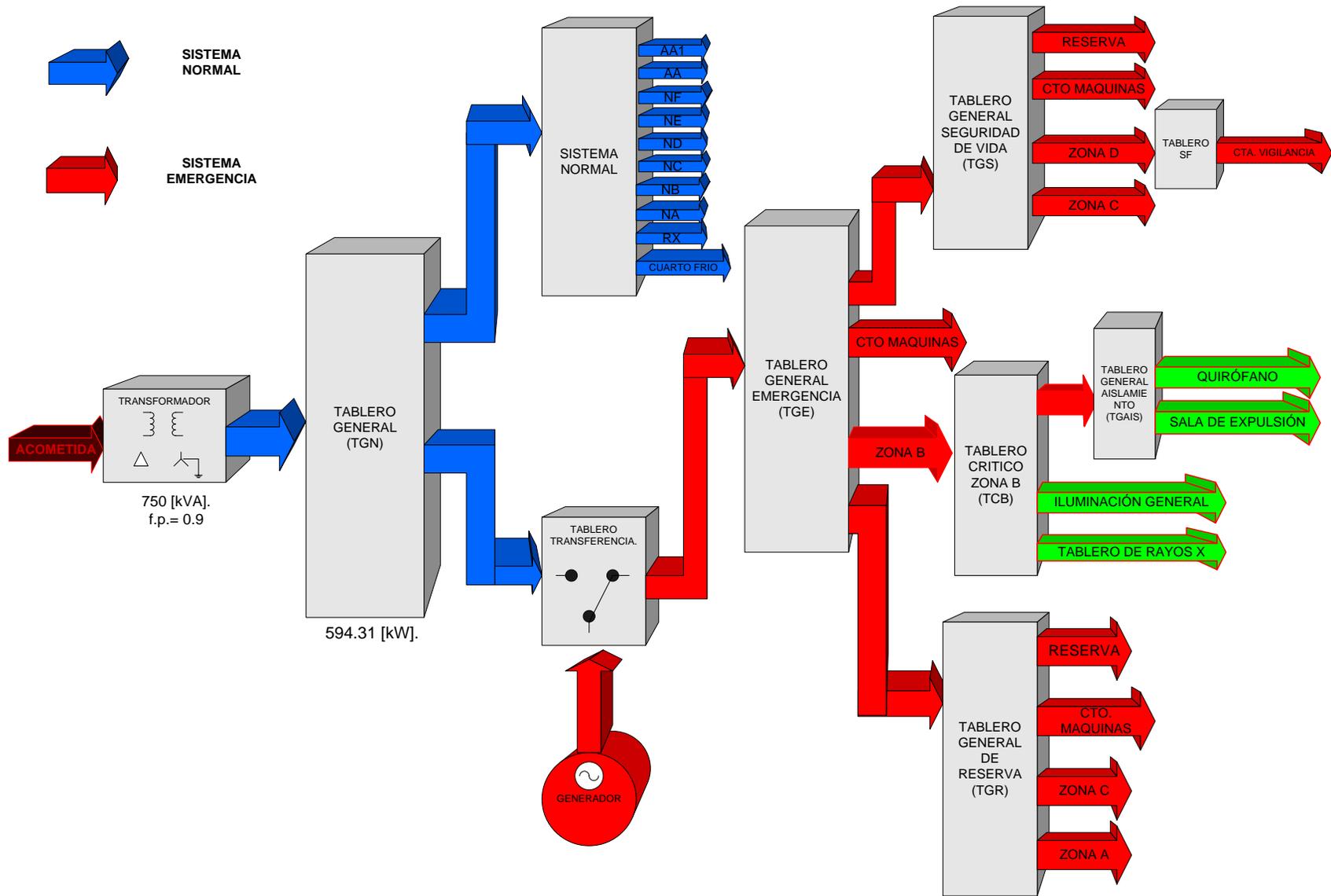


Fig. 5.1 Diagrama de bloques del sistema eléctrico en el hospital regional de Temixco, Morelos.

Debemos mencionar que este diagrama de bloques es una manera de ejemplificar el suministro de energía eléctrica en el hospital aplicando el artículo 517 “Instalaciones en lugares de atención de la salud” de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”** (apéndice B), pero se determinará la manera definitiva de acuerdo al cálculo de cargas en todo el hospital en el diagrama unifilar (apéndice A plano 6).

De aquí la importancia del cálculo de la carga en el quirófano y la sala de expulsión; ya que ésta determinará algunas características del diseño, por ejemplo si se requiere de uno o mas tableros de transferencia y la capacidad del grupo electrógeno que requerirá el sistema de emergencia como es requerido en el artículo 517-41 inciso a) y 517-35 inciso b) respectivamente de la norma antes mencionada.

En el diagrama de bloques figura 5.1 se puede observar que el quirófano y la sala de expulsión serán alimentados por el tablero crítico de la zona B (TCB) a través de un tablero general de distribución que llamaremos tablero general de aislamiento (TGAIS).

### **5.7 Cálculo de la carga para el área de cirugía.**

Antes de comenzar a describir la carga dentro del quirófano y la sala de expulsión debemos hacer referencia a la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*. Capítulo V “**Sistema de distribución aislado**” en el artículo 5.4.5; donde se especifica que **se requiere de la instalación de un tablero de aislamiento independiente por cada sala de cirugía y un tablero de aislamiento para rayos X. Además, también se requiere de un tablero de aislamiento independiente por cada dos salas de expulsión** (ver apéndice B).

En este proyecto sólo se trata de una sala de cirugía y una sala de expulsión por lo que utilizaremos *tres tableros de aislamiento*, dos para los circuitos de fuerza e iluminación localizada en dichos inmuebles, y otro tablero para el equipo de rayos X, cuyas capacidades serán determinadas por el tamaño de la carga en cada una de las áreas tratadas en este

capítulo; siempre y cuando se cumpla con la nota 1 del artículo 517-160 de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”**.

La Norma Oficial Mexicana **NOM-197-SSA1-2000**, establece los requisitos mínimos de *infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada*; el equipo necesario dentro del quirófano y la sala de expulsión que requiere el uso de energía eléctrica para su funcionamiento se describe en los siguientes apartados.

### 5.7.1 Carga en el quirófano.

La carga en la sala de operaciones será calculada en dos partes; en *circuitos para la iluminación general y circuitos de fuerza*. Comenzaremos con el cálculo de la iluminación.

- **Carga de iluminación general en la sala de quirófano.**

La iluminación debe ser diseñada de acuerdo a los requerimientos del nivel luminoso óptimo descritos en el Capítulo 2 “**Desarrollo del anteproyecto**” inciso k) de la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*, en la que nos informa que el *nivel luminoso (E)* en el quirófano deberá de ser de **500 luxes**, controlado desde el tablero. Esta iluminación es la iluminación general requerida en el quirófano, recordemos que la lámpara quirúrgica se encargará de la iluminación localizada en el plano de trabajo.

Las dimensiones y características del quirófano son las siguientes:

- Largo (L) = 6.60 [m]
- Ancho (A) = 6.60 [m]
- Altura (H) = 2.3 [m]
- Techo de color blanco.
- Paredes de color blanco.

Se usarán luminarios con tres lámparas fluorescentes ahorradoras de energía de 32 [W] cada una y con una temperatura de color (TCC) superior a los 4000 [K], es decir blanco frío. De acuerdo al fabricante estas lámparas tienen un *flujo luminoso* inicial ( $\phi$ ) de 2950 lúmenes.

Para hacer el cálculo del número de luminarios necesarios para alcanzar el nivel luminoso requerido, debemos proporcionar el valor de dos parámetros que dependen de las dimensiones y características del inmueble a iluminar y del luminario; estos parámetros son:

- Coeficiente de utilización (**c.u.**).
- Factor de mantenimiento o factor de pérdida de luz (**f.m.**).

Comenzaremos definiendo brevemente el coeficiente de utilización (**c.u.**). El coeficiente de utilización es el porcentaje de luz generada por el sistema de iluminación que alcanza finalmente el plano de trabajo. El valor del **c.u.** se extrae de tablas calculadas y proporcionadas por el fabricante del luminario. En este proyecto la tabla de coeficientes de utilización del luminario empleado se muestra en la Tabla 11 del Apéndice C.

Para poder extraer el **c.u.** de la tabla es necesario calcular la relación de cavidad del local (**RCL**), así como la reflectancia efectiva de techo, paredes y suelo.

El valor de la relación de cavidad del local (**RCL**) depende de la geometría del local y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$RCL = \frac{5Hx \left( \rho + \frac{A}{L} \right)}{\rho x A}$$

Sustituyendo los valores de la altura (H), la longitud (L) y el ancho (A) obtendremos:

$$RCL = \frac{5(0.3) + 6.6}{6.6 \times 6.6} = 3.3 \approx 3$$

La reflectancia efectiva del techo será la misma que la reflectancia proporcionada por el color del techo, ya que los luminarios se colocaran al mismo nivel. Como se trata de color blanco, su reflectancia tendrá un valor de 80%. La reflectancia de las paredes tendrá un valor de 50% ya que se trata de un color claro. Y por último la reflectancia efectiva del piso será igual a 20 %.

Con los valores anteriores de **RCL** = 3 y los valores de la reflectancia efectiva de techo paredes y piso obtenemos de la Tabla 11 (apéndice C) un valor de el coeficiente de utilización de 0.68.

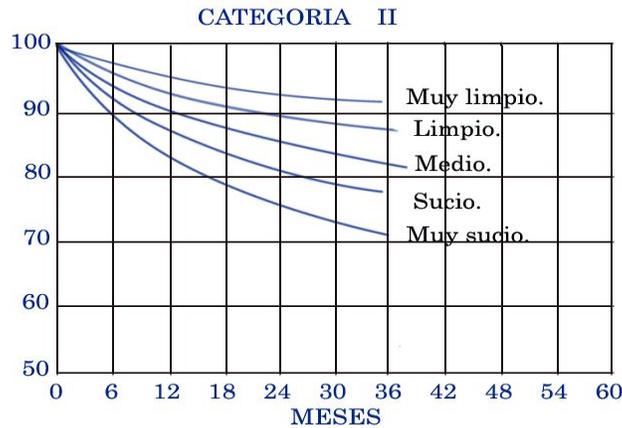
$$\mathbf{c.u. = 0.68}$$

El factor de mantenimiento o factor de perdida de luz (**f.m.**) es un factor que depende de las condiciones de conservación ó mantenimiento de la instalación de iluminación, este factor debería incluir las pérdidas atribuibles a todo tipo de causas; pero su valor depende de otros factores parciales que contribuyen a las degradaciones de los niveles de iluminación, como por ejemplo la acumulación de polvo en el luminario, el envejecimiento de la lámpara, la temperatura ambiente en la que trabaja el luminario, etc. En este diseño de iluminación sólo se tomarán en cuenta los valores de los factores que pueden ser medidos y estos factores parciales son:

1. Características de funcionamiento de la reactancia.
2. Variaciones de la reflectancia y la transmitancia del luminario.
3. Disminución de emisión luminosa por suciedad.

1. El valor de la *característica de funcionamiento de la reactancia* será igual a 0.95 ya que se trata de una lámpara fluorescente, este valor es dado por las especificaciones de la *Certified Ballast Manufactures Association* para lámparas fluorescentes.

2. El valor del factor de *variación por reflectancia y transmitancia* será de 0.98, ya que este efecto es normalmente muy pequeño pero significativo en largos periodos de tiempo en luminarios con acabados plásticos de inferior calidad.
3. El valor del factor de *disminución luminosa por suciedad* será de 0.96 pues el luminario es categoría dos. El valor se obtiene de la siguiente gráfica que muestra la curva de degradación por suciedad del luminario de acuerdo al tiempo entre mantenimiento, en este caso es anual, y al grado de suciedad “muy limpio” recordando que se trata del quirófano.



Gráfica 1.1 Factor de degradación por suciedad del luminario.

El valor del factor de mantenimiento (**f.m.**) tendrá el valor del producto de los factores anteriores dando como resultado:

$$\mathbf{f.m.} = (0.95) (0.98) (0.96) = 0.89$$

$$\mathbf{f.m.} = 0.89$$

Para concluir, con estos valores del **c.u.** = 0.68 y el **f.m.** = 0.89, podremos obtener el número de luminarios necesarios para alcanzar el nivel de iluminación de 500 luxes de

acuerdo a la ecuación 5.1., ecuación desarrollada por procedimiento y bases teóricas de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).

$$\text{No. Luminarios} = \frac{E \times L \times A}{\text{No. Lámparas por luminario} \left( \phi \right) \left( \text{c.u.} \right) \left( \text{f.m.} \right)} \dots\dots\dots \text{ecuación 5.1}$$

Donde:

E = Nivel luminoso [luxes].

L= Longitud [m].

A= Ancho [m].

φ = Flujo luminoso [Lúmenes].

c.u. = Coeficiente de utilización.

f.m. = Factor de mantenimiento

Sustituyendo los valores en la ecuación 5.1 tendremos:

$$\text{No de luminarios} = \frac{500 \times 6.60 \times 6.60}{\left( 950 \right) \left( 0.68 \right) \left( 0.89 \right)} = 4.065$$

**No. de luminarios = 4.**

Se requiere de cuatro luminarios distribuidos simétricamente en el quirófano (ver apéndice A: plano 4) con las características indicadas anteriormente.

Con lo anterior podemos decir que la carga de la iluminación general se obtendrá de la siguiente expresión:

$$\text{Carga de iluminación general} = (\text{No. de lámparas por luminario}) (\text{Potencia por lámpara}) (\text{No. de luminarios}).$$

$$\text{Carga de iluminación general} = (3) (32 \text{ [W]}) (4) = 384 \text{ [W]}$$

**Por lo tanto la potencia instalada para iluminación general en el quirófano será de 384 [W].**

La iluminación general del quirófano no se conectará al *sistema de distribución aislado* debido a que se instalará alejada de la vecindad del paciente a una distancia considerable tanto de los pacientes como del personal del hospital.

- **Carga en circuitos de fuerza de la sala de quirófano.**

De acuerdo a los criterios de diseño en el Capítulo V “**Sistema de distribución aislado**” de la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)* en el quirófano se deben instalar dos módulos de receptáculos, con capacidad de 400 [W] en cada una de las salidas, que incluyan puesta a tierra. Estos módulos deben ser colocados uno en el área del anestesiólogo a 0.40 [m] sobre el nivel del piso terminado y otro sobre la mesa quirúrgica con extensiones retractiles (apéndice A: plano 5).

El equipo complementario mínimo (apéndice A: plano 5) dentro del quirófano propuesto por la **NOM-197-SSA1-2000** mencionada con anterioridad es:

- Salida para negatoscopio.
- Salida para reloj eléctrico.
- Salida para receptáculos de uso general.
- Salida para lámpara sencilla de techo.
- Salida para lámpara doble de techo.
- Salida para lámpara quirúrgica.

La carga total en los circuitos de fuerza dentro de la sala de operaciones o quirófano se muestra en la tabla 5.1 de la página siguiente.

EQUIPO	SÍMBOLO	WATTS
Módulo de receptáculos en mesa quirúrgica.		2000
Módulo de receptáculos en área de anesthesiólogo.		2000
Salida para negatoscopio.		180
Salida para reloj eléctrico.		180
Salida para receptáculos de uso general (2).		360
Salida para lámpara sencilla de techo.		150
Salida lámpara doble de techo.		300
Salida para lámpara quirúrgica.		450
<b>TOTAL</b>		<b>5620</b>

Tabla 5.1 Carga total en circuitos de fuerza en quirófano.

### 5.7.2 Carga en la sala de expulsión.

En la sala de expulsión la carga también se calculará en dos partes similar tal como se hizo en el quirófano.

- **Carga de iluminación general en la sala de expulsión.**

El nivel de iluminación (**E**) en la sala de expulsión debe ser el mismo que en el quirófano (**500 luxes**) establecido en el Capítulo 2 de la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*. Las dimensiones de largo y ancho son equivalentes a las del quirófano y se usarán luminarios con las mismas características.

Por lo tanto al aplicar la ecuación 5.1 proporcionada por la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) también se obtendrán cuatro luminarios colocados

simétricamente, similar como se hizo en el quirófano (apéndice A: plano 4); por lo que podemos afirmar que la carga de la iluminación será la misma que en el quirófano. Es decir la potencia de la carga a instalar debido a la **iluminación general en la sala de expulsión es de 384 [W]**.

- **Carga en circuitos de fuerza de la sala de expulsión.**

Haciendo referencia nuevamente al Capítulo V de la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*, en la sala de expulsión sólo se deberá de instalar un módulo de receptáculos (apéndice A: plano 5), con capacidad de 400 [W] en cada una de las salidas, que incluyan puesta a tierra. Este módulo deberá estar colocado en la mesa quirúrgica.

El equipo complementario dentro de la sala de expulsión es similar al equipo que hay en el quirófano (apéndice A: plano 5); por lo que se puede representar la carga total de los circuitos de fuerza en la tabla 5.2.

EQUIPO	SÍMBOLO	WATTS
Módulo de receptáculos en mesa quirúrgica.		2000
Salida para negatoscopio.		180
Salida para reloj eléctrico.		180
Salida para receptáculos de uso general (2).		360
Salida para lámpara sencilla de techo.		150
Salida lámpara doble de techo.		300
Salida para lámpara quirúrgica.		450
<b>TOTAL</b>		<b>3620</b>

Tabla 5.2 Carga de los circuitos de fuerza en la sala de expulsión.

## 5.8 Cálculo de instalación eléctrica para el área de cirugía.

Con el cálculo anterior de las cargas en las áreas analizadas en este proyecto podemos comenzar a calcular todos los elementos que componen la instalación eléctrica. Primero nos enfocaremos al diseño en el quirófano.

### 5.8.1 Diseño de instalación eléctrica en la sala de quirófano.

La carga dentro del quirófano tendrá una magnitud total de fuerza e iluminación localizada de 5620 [W], por esta razón designaremos el primer **tablero de aislamiento uno (TA1)** mostrado en la figura 5.8.2 con una capacidad de 7.5 [kVA] por ser el valor inmediato superior de la potencia comercial que se encuentra en el mercado. Con esta se previene el aumento de la carga dentro del quirófano debido a que en un futuro se podría utilizar más equipo de electromedicina acorde a los diferentes casos médicos que se presenten en la región de Temixco, Morelos.

Comenzaremos con el cálculo de la corriente en cada uno de los circuitos que alimentará los equipos en el quirófano. Como sabemos estos circuitos son monofásicos y de acuerdo a las ecuaciones de potencia, si despejamos la corriente de la ecuación de potencia real monofásica ( $P_{1\phi}$ ) obtendremos:

$$I = \frac{P_{1\phi}}{V_{f-n} \cos\theta} \dots\dots\dots \text{ecuación 5.2}$$

Donde  $\theta = \arccos (f.p.)$

**A manera de ejemplo calcularemos la corriente en el circuito de la lámpara quirúrgica** sustituyendo los siguientes valores en la ecuación 5.2.

La potencia de la lámpara es de 450 [W] como se aprecia en la tabla 5.1. La diferencia de potencial o voltaje  $V_{f-n} = 127$  [V] y el factor de potencia  $f.p. = 0.9$  en todos los circuitos monofásicos del quirófano.

Por lo tanto tendremos que la corriente será:

$$I_n = \frac{450 \text{ W}}{27 \text{ V} \cdot 0.9} = 3.937 \text{ A}$$

Esta es la *corriente nominal* ( $I_n$ ) que circula en el circuito derivado que alimenta a la lámpara quirúrgica. Esta *corriente* debe ser *ajustada* ( $I_a$ ) de acuerdo a los factores de ajuste, al *factor de demanda* (F.D.), al *factor de temperatura* (f.t.) y al *factor de agrupamiento* (f.a.) respectivamente de acuerdo a la ecuación 5.2.a.

$$I_a = \frac{I_n \cdot (F.D.)}{(f.t.) \cdot (f.a.)} \dots\dots\dots \text{ecuación 5.2.a}$$

Los valores de los factores de ajuste dependen de lo siguiente:

**El factor de demanda (F.D.)** en este proyecto tendrá un valor de 1.25 o 125 %. Este valor es porque en este diseño se toma como *carga continua* la carga que alimentará cada uno de los circuitos debido a que las actividades en el quirófano y la sala de expulsión toman en promedio un tiempo superior a las tres horas, tiempo en el que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando para energizar a los diferentes dispositivos médicos que se utilizarán en la intervención quirúrgica.

**El factor de temperatura (f.t.)** depende de la temperatura de operación del conductor y la temperatura del lugar. En este caso el proyecto se desarrolla en el Municipio de Temixco Estado de Morelos y de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la temperatura mínima promedio es de **10 [°C]** y la máxima promedio es alrededor de **32 [°C]** en este Estado. La temperatura de operación del conductor es de 60 [°C].

Con estos datos el valor de este factor está indicado en la tabla 310-16 de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”** (apéndice C).

Con los valores de temperatura mencionados anteriormente podemos consultar la tabla 310-16 y el valor del factor de temperatura (**f.t.**) será de 0.91.

**El factor de agrupamiento (f.a.)** tendrá un valor de la unidad (**f.a.=1**) debido a que no se pondrán más de tres conductores activos en las canalizaciones, es decir, se usará una canalización por circuito con un único conductor activo.

Sustituyendo los valores de los factores de ajuste en la ecuación 5.2a tendremos la corriente ajustada y será:

$$I_a = \frac{3.937 \text{ A} \cdot \left( \frac{0.25}{0.91} \right)}{1} = 5.41 \text{ A}$$

Con ese dato calculado se selecciona el calibre del conductor capaz de conducir esta corriente. De acuerdo a la tabla 310-16 de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”**; ubicado en el apéndice C de esta tesis, tendremos que el calibre **14 AWG** es capaz de conducir hasta 20 [A]. La *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*, menciona que el calibre mínimo para los circuitos de fuerza debe ser calibre 10 AWG y calibre 12 AWG para circuitos de alumbrado. Por lo tanto el calibre del conductor que alimentará la lámpara quirúrgica de la mesa de operaciones será calibre 10 AWG para cumplir con esta norma, sin olvidar mencionar que el calibre 14 AWG también es capaz de alimentar este circuito.

Sólo nos queda verificar que se cumpla con la caída de tensión de los circuitos; la caída de tensión en un circuito alimentador no deberá ser mayor de 3%. En los circuitos de alumbrado la *Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*, establece que la caída de tensión no debe ser mayor al 2%. Esta caída de tensión se calcula de acuerdo a la ecuación 5.2.b.

$$\% e = \frac{2InLx100 [R \cos \theta + X \text{sen} \theta]}{V_{f-n}x1000} \dots\dots\dots \text{ecuación 5.2.b.}$$

Los conductores del circuito de la lámpara quirúrgica tienen una longitud (*L*) de 12 [m] y para el calibre 10 AWG tenemos:

$$R = 3.9 [\Omega/km]$$

$$X = 0.207 [\Omega/km]$$

$$f.p. = \cos \theta = 0.9$$

$$\text{sen} \theta = 0.436$$

$$L = 8 [m]$$

Los valores de resistencia y reactancia de los de conductores de acuerdo a su calibre se pueden ver en la Tabla 2 del apéndice C de este proyecto.

Sustituyendo los valores anteriores junto con el de la corriente nominal (*I<sub>n</sub>*) en la ecuación 5.2.b obtendremos:

$$\% e = \frac{2(9.37) \times 100 [3.9(0.9) + 0.207(0.436)]}{127 \times 1000} = 0.17857\%$$

Como se puede verificar la caída de tensión en el circuito es menor al 3% con el calibre 10 AWG. Ahora seleccionaremos la protección contra sobrecorriente del circuito.

Con la corriente nominal se seleccionará una protección de 1polo-30 [A].

### Calibre del conductor de puesta a tierra.

El calibre del conductor de puesta a tierra se determinará de acuerdo a la tabla 250-95 de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”** (apéndice C). Esto se realizará de acuerdo a la capacidad del dispositivo automático de protección en el tablero de aislamiento que alimentará al circuito de la lámpara quirúrgica.

Como se analizó con anterioridad el **tablero de aislamiento uno (TA1)** tendrá una carga total de fuerza e iluminación localizada de 5620 [W] y se trata de una alimentación bifásica.

$$\text{Carga total TA1} = 5620 [W]$$

De acuerdo a las fórmulas de potencia bifásica, al despejar la corriente tendremos:

$$I_n = \frac{P_{2\phi}}{V_{f-f} \cdot \sqrt{3} \cdot \text{p.f.}} \quad [A]$$

Sustituyendo los valores tendremos:

$$I_n = \frac{5620 [W]}{(200 [V]) \cdot (\sqrt{3}) \cdot (0.9)} = 28.38 [A]$$

Ahora la corriente ajustada será:

$$I_a = \frac{28.38 [A] \cdot (1.25)}{0.91} = 38.9 [A]$$

Con esto el interruptor del tablero será de 2polos-40 [A]. Consultando la tabla 250-95 del apéndice C observamos que se requiere un cable de calibre 10 AWG para la puesta a tierra en este tablero.

### **Cálculo de la canalización.**

Para terminar con el ejemplo del circuito derivado de la lámpara quirúrgica en la mesa de operaciones calcularemos el diámetro de la tubería para alojar los conductores. Tendremos 2 conductores calibre 10 AWG para la lámpara y un conductor calibre 10 AWG para la puesta a tierra para calcular el área de la tubería tendremos que calcular el área total de los tres conductores y esto se hace con ayuda de las dimensiones de los conductores aislados mostradas en la tabla 10-5 del apéndice C:

$$2 \text{ conductores calibre 10 AWG RHW} = 2 \times 28.2 \text{ [mm}^2\text{]} = 56.4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$1 \text{ conductor calibre 10 AWG RHW} = 1 \times 28.2 \text{ [mm}^2\text{]} = 28.2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\text{Total} = 84.6 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Por lo tanto usaremos una canalización de tubo (conduit) metálico tipo semipesado de 21 [mm] (3/4”) de diámetro ya que esta tubería tiene un área disponible de 137 [mm<sup>2</sup>]. En la tabla 10-4 del apéndice C de este proyecto se muestran los valores de las dimensiones de las diferentes canalizaciones disponibles en el mercado.

**Todos estos cálculos se deberán hacer en cada uno de los circuitos que alimentan los equipos en el quirófano.** Como hemos observado las tablas en el apéndice C son de gran utilidad para realizar satisfactoriamente cada uno de los elementos que compondrán la instalación eléctrica.

Para no ser repetitivos los valores de corriente, calibre de conductores, protecciones de cada circuito y las dimensiones de diámetro del tubo conduit se presentan en la tabla 5.3, que es el cuadro de carga del **tablero de aislamiento uno (TA1)**.

## Instalación de rayos X

Los rayos X son ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio a la velocidad de 300,000 [km/s] y tienen la propiedad de atravesar cuerpos opacos y de ionizar la materia. Los equipos de rayos X que se utilizan en diagnósticos, tienen múltiples presentaciones y tamaños. Los cuales se identifican de acuerdo con la energía de rayos X que producen o la forma que estas son utilizadas.

Básicamente un equipo de radiodiagnóstico cuenta con un tubo de rayos X el cual puede estar unido a una grúa de techo movable para poder desplazarlo, o estar unido a la mesa, o al equipo si este es portátil.

Dada la amplia variedad del equipo desarrollado en materia radiológica, se puede clasificar los sistemas de rayos X de acuerdo al Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en salud (CENETEC) en los siguientes tipos:

- Unidad radiológica rodable o móvil (potencia alta).
- Unidad radiológica rodable o móvil (potencia intermedia).
- Unidad radiográfica/ fluoroscópica general (telemando).
- Unidad radiográfica/ fluoroscópica con arco en C y mesa basculable.
- Unidad radiológica/ fluoroscópica rodable o móvil, arco en C básico.
- Unidad radiológica/ fluoroscópica rodable o móvil, arco en C intermedio.
- Unidad radiológica/ fluoroscópica rodable o móvil, arco en C avanzado.
- Unidad radiológica y fluoroscópica digital con telemando.
- Unidad radiográfica de 500 [mA].

Los equipos de intermedia y alta potencia se utilizan rutinariamente en procedimientos quirúrgicos. En años recientes, estos sistemas proporcionan más herramientas de visualización de imágenes e incrementan la potencia de los rayos X, dando como resultado imágenes más útiles y opción de utilizar estos dispositivos para la visualización de imágenes cardíacas.

El incremento de la potencia de los rayos X permite mayor flexibilidad para la visualización de imágenes, acorta tiempos de exposición y reduce en un porcentaje considerable el riesgo de error.

Por todo lo anterior en el quirófano de este hospital se colocará una unidad portátil o móvil de rayos X de potencia intermedia. La potencia del dispositivo es de 11.5 [kW] por lo que el **Tablero de Aislamiento para Rayos X (TAB. Rx)** será estándar con una capacidad de 15 [kVA] y se conectará al tablero crítico de la zona B (**TCB**).

Debemos aclarar que este tablero tendrá la capacidad de suministrar energía hasta 8 receptáculos especiales para otros equipos portátiles de rayos X dentro del hospital ya que el control de las salidas se hace por un circuito interbloqueado que previene que más de una salida pueda ser alimentada simultáneamente por medio de una estación de botones localizada en el tablero.

Por esta razón se incluye un cuadro de carga independiente en la tabla 5.4 para este tablero de aislamiento de rayos X, aun cuando en este caso en particular únicamente se conectará un sólo dispositivo radiológico.

En este cuadro de carga se puede observar todos los datos técnicos del circuito que le proporcionará energía dentro del quirófano, calculados de forma similar como se hizo con el cálculo del circuito de la lámpara quirúrgica anteriormente, subrayando que en este circuito se trata de un circuito bifásico por lo que la corriente nominal será:

$$I_n = \frac{P_{2\phi} \text{ [V]}}{V_{f-f} \text{ [f.p.]} \text{ [A]}}$$

$$I_n = \frac{11500 \text{ [V]}}{220 \text{ [f.p.]} \text{ [0.9]}} = 58.08 \text{ [A]}$$

Como se puede notar para esta corriente demandada se necesita un receptáculo de características técnicas que den seguridad al personal médico hospitalario. Por ello se propone usar el receptáculo mostrado en la figura 5.8.1 que incluye lámparas piloto, con puerta, seguro y alarma audible para conocer el estado del sistema aislado de la marca Square D.



Figura 5.8.1 Receptáculo para equipo de rayos X.



Figura 5.8.2 Tablero de aislamiento.

PROYECTO DE TESIS: HOSPITAL REGIONAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD.																				Realizó: Hinojosa. Meneses. Preciado.						
Ubicación: Quirófano.		Tablero de aislamiento: TA1 Fuerza y alumbrado localizado. MCA: SQUARE'D.										Tipo: 7H5S31DD1.					Revisó: C.J.L.									
TEMPERATURA: 32° C		2 Fases		60 Hertz		220 / 127 Volts.		F.P. 0.9		Fecha: Octubre del 2008.																
CIRCUITO	CARGA INSTALADA (WATTS)	MESA DE OPERACIONES	SALIDA LUMINARIO SENCILLO	SALIDA LUMINARIO DOBLE	USOS MULTIPLES	RELOJ DIGITAL	SALIDA EN MODULO	SALIDA A NEGATOSCOPIO	FACTOR DE TEMPERATURA	FACTOR AGRUPAMIENTO	FACTOR DE DEMANDA FD	LONGITUD [m]	In [A]	Ia. [A]	CALIBRE AWG	CAIDA DE TENSION %	INTERRUPTOR SOBRE CORRIENTE		CONDUCTOR DE TIERRA AWG	CANALIZACION	CARGA DEMANDADA [W]	BALANCEO DE FASE				
		450W	150W	300W	180W	R 180W	400W	180W					CORRIENTE	COARRIETE			P	X				A	A	B	C	
TA1-1	450	1							0.91	1	1.25	12	3,937	5,41	10	0,2679	1	30	10	21mm (3/4")	450		450			
TA1-2	800						2		0.91	1	1.25	14	7,00	9,61	10	0,55556	1	30	10	21mm (3/4")	800	800				
TA1-3	800						2		0.91	1	1.25	14	7,00	9,61	10	0,55556	1	30	10	21mm (3/4")	800		800			
TA1-4	800						2		0.91	1	1.25	14	7,00	9,61	10	0,55556	1	30	10	21mm (3/4")	800		800			
TA1-5	800						2		0.91	1	1.25	14	7,00	9,61	10	0,55556	1	30	10	21mm (3/4")	800		800			
TA1-6	800						2		0.91	1	1.25	14	7,00	9,61	10	0,55556	1	30	10	21mm (3/4")	800	800				
TA1-7	180							1	0.91	1	1.25	8	1,57	2,16	10	0,0714	1	30	10	21mm (3/4")	180	180				
TA1-8	Libre																				Libre					
TA1-9	450		1	1					0.91	1	1.25	14	3,94	5,41	10	0,3125	1	30	10	21mm (3/4")	450	450				
TA1-10	Libre																				Libre					
TA1-11	540				2	1			0.91	1	1.25	14	4,72	6,49	10	0,3750	1	30	10	21mm (3/4")	540	540				
TA1-12	Libre																				Libre					
TOTALES	5620	450	150	300	360	180	4000	180	0.91	1	1.25	25	20,38	28,38	6	1,7114	2	40	10	27mm (1")	5620	2770	2850			
TOTAL DE UNIDADES		1	1	1	2	1	10	1													Desbalanceo entre fases = 2.8%			2770	2850	
9 polos ocupados.										Interruptor principal de 2P X 40 Amp.																

Tabla 5.3 Cuadro de carga del tablero de aislamiento uno (TA1).

PROYECTO DE TESIS: HOSPITAL REGIONAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD.																	Realizó: Hinojosa. Meneses. Preciado.							
Ubicación: Quirófano. Tablero de aislamiento: TAB Rx. MCA: SQUARE'D. Tipo: 15H5S33DD1.																	Revisó: C.J.L.							
TEMPERATURA: 32° C 2 Fases 60 Hertz 220 / 220Volts. F.P. 0.9 Fecha: Octubre del 2008.																								
CIRCUITO	CARGA INSTALADA (WATTS)	SALIDA DE RAYOS X X  11500W						FACTOR DE TEMPERATURA	FCTOR AGRUPAMIENTO	FACTOR DE DEMANDA FD	LONGITUD [m]	In [A]	Ia [A]	CALIBRE AWG	CAIDA DE TENSION %	INTERRUPTOR SOBRE CORRIENTE			CONDUCTOR DE TIERRA AWG	CANALIZACION	CARGA DEMANDADA [W]	BALANCEO DE FASE		
																P	X	A				A	B	C
TA3-1	11500	1						0.91	1	1.00	5	58.08	63.62	6	0.700	2	70	10	27mm (1")	11500	5750		5750	
TA3-2	Libre																							
TA3-3	Libre																							
TA3-4	Libre																							
TA3-5	Libre																							
TA3-6	Libre																							
TA3-7	Libre																							
TA3-8	Libre																							
TA3-9	Libre																							
TA3-10	Libre																							
TA3-11	Libre																							
TA3-12	Libre																							
TOTALES	11500	11500						0.91	1	1.00	15	58.08	63.62	4	1.352	2	70	10	27mm (1")	11500				
TOTAL DE UNIDADES		1															Desbalanceo entre fases = 0%			5750		5750		
2 polos ocupados.											Interruptor principal de 2P X 70 Amp.													

Tabla 5.4 Cuadro de carga del tablero de aislamiento rayos X (TAB. Rx).

### 5.8.2 Diseño de la instalación eléctrica en la sala de expulsión.

La carga total en sala de expulsión será de 3620 [W]. Como se analizó en el tema 5.7.2 titulado “Carga en sala de expulsión” de este capítulo. Se decidió usar un **tablero de aislamiento dos (TA2)** con la misma capacidad del **tablero de aislamiento uno (TA1)** usado en el área de quirófano; de 7.5 [kVA] debido al probable aumento de carga a corto o largo plazo de equipos de electromedicina para la atención de partos en esta área.

En el cuadro de carga del **tablero de aislamiento dos (TA2)** se pueden apreciar los parámetros de los elementos de la instalación eléctrica en la sala de expulsión.

Estos parámetros que se presentan en el cuadro de carga de la sala de expulsión se realizaron aplicando las fórmulas de potencia monofásica y potencia bifásica de acuerdo al circuito que se trate en el diseño, de manera similar como se hizo en el diseño de los circuitos del quirófano. No olvidemos que la iluminación general de la sala de expulsión no se conectará a este tablero, sino al tablero de distribución que alimentará las áreas tratadas en este proyecto.

Todos los elementos, así como algunas de sus características, se pueden ver en el cuadro de carga del tablero de aislamiento dos (TA2), que se presenta en la siguiente página.

PROYECTO DE TESIS: HOSPITAL REGIONAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD.																			Realizó: Hinojosa. Meneses. Preciado.						
Ubicación: <b>Expulsión.</b> Tablero de aislamiento: <b>TA2 Fuerza y alumbrado localizado.</b> MCA: <b>SQUARE'D.</b> Tipo: <b>7H5S31DD1.</b>																			Revisó: C.J.L.						
TEMPERATURA: <b>32° C</b> 2 Fases 60 Hertz 220 / 127 Volts. F.P. 0.9 Fecha: <b>Octubre del 2008.</b>																									
CIRCUITO	CARGA INSTALADA (WATTS)	MESA DE OPERACIONES 450W	SALIDA LUMINARIO SENCILLO 150W	SALIDA LUMINARIO DOBLE 300W	USOS MULTIPLES C 180W	RELOJ DIGITAL R 180W	SALIDA EN MODULO O 400W	SALIDA A NEGATOSCOPIO N 180W	FACTOR DE TEMPERATURA	FACTOR AGRUPAMIENTO	FACTOR DE DEMANDA FD	LONGITUD [m]	In [A] CORRIENTE	Ia [A] CORRIENTE	CALIBRE AWG	CAIDA DE TENSION %	INTERRUPTOR SOBRE CORRIENTE			CONDUCTOR DE TIERRA AWG	CANALIZACION	CARGA DEMANDADA [W]	BALANCEO DE FASE		
																	P	X	A				A	B	C
TA2-1	450	1							0.91	1	1.25	8	3.937	5.41	10	0.17857	1	30	10	21mm (3/4")	450			450	
TA2-2	400						1		0.91	1	1.25	14	3.50	4.8	10	0.2778	1	30	10	21mm (3/4")	400		400		
TA2-3	400						1		0.91	1	1.25	14	3.50	4.8	10	0.2778	1	30	10	21mm (3/4")	400			400	
TA2-4	400						1		0.91	1	1.25	14	3.50	4.8	10	0.2778	1	30	10	21mm (3/4")	400			400	
TA2-5	400						1		0.91	1	1.25	14	3.50	4.8	10	0.2778	1	30	10	21mm (3/4")	400			400	
TA2-6	400						1		0.91	1	1.25	14	3.50	4.8	10	0.2778	1	30	10	21mm (3/4")	400			400	
TA2-7	180							1	0.91	1	1.25	10	1.57	2.16	10	0.07143	1	30	10	21mm (3/4")	180			180	
TA2-8	Libre																				Libre				
TA2-9	450		1	1					0.91	1	1.25	14	3.94	5.41	10	0.3125	1	30	10	21mm (3/4")	450			450	
TA2-10	Libre																				Libre				
TA2-11	540				2	1			0.91	1	1.25	14	4.72	6.48	10	0.3750	1	30	10	21mm (3/4")	540			540	
TA2-12	Libre																				Libre				
<b>TOTALES</b>	<b>3620</b>	450	150	300	360	180	2000	180	0.91	1	1.25	25	<b>18.38</b>	<b>25.11</b>	8	<b>1.7511</b>	2	30	10	21mm (3/4")	3620		400	3220	
<b>TOTAL DE UNIDADES</b>																			Desbalanceo entre fases = 0.92%				3250	3220	
9 polos ocupados.										Interruptor principal de 2P X 30 Amp.															

Tabla 5.4 Cuadro de carga del tablero de aislamiento dos (TA2).

Debemos hacer énfasis que los tableros TA1 y TA2 se energizarán a través de *un tablero de distribución trifásico* que llamaremos **“Tablero general de aislamiento (TGAIS)”**. Este **TGAIS** a su vez será alimentado por el **tablero crítico de la Zona B**, por lo que en la tabla 5.5 de la siguiente página podemos apreciar el cuadro de carga de este “Tablero general de aislamiento”.

Como podemos observar las dimensiones de la carga total en el área de cirugía asignada en este proyecto será de **21.508 [kW]**. Este dato es de gran importancia para el dimensionamiento infraestructural eléctrico de los equipos que se instalaran, pues con la carga calculada aunada a las cargas del Sistema de Emergencia en las otras áreas hospitalarias, tendremos una carga total de **120.970 [kW]** y aplicando el factor de potencia será de **134.411 [kVA]** en el sistema eléctrico esencial. Con esto podemos dar el número de tableros de transferencia (desconectores). Ya que en el artículo 517-30 inciso (4) de la **NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas “utilización”** especifica que se permite que un desconector de transferencia alimente uno o más circuitos derivados o subsistemas en una instalación, con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de **150 [kVA]**, es decir, sólo necesitamos un tablero de transferencia.

**Como resultado del análisis de todas las cargas de este proyecto de instalación eléctrica en el hospital se determinó requerir de un sistema trifásico a partir de una subestación eléctrica receptora en media tensión con un transformador tipo subestación de 750 [kVA], 23000/220 [V], conexión delta-estrella, que suministra energía a un tablero general (TGN), para el sistema de energía normal. Existe un sistema de emergencia soportado por una planta generadora o grupo electrógeno de 125 [kW].**

Para finalizar con este capítulo en la figura 5.8.2 se muestra el diagrama trifilar de la instalación en la sala de cirugía y la sala de expulsión con la finalidad de ilustrar las conexiones de los diferentes tableros, tanto de aislamiento como de distribución, y los circuitos en el sistema eléctrico diseñado, para su mejor entendimiento y comprensión.

PROYECTO DE TESIS: HOSPITAL REGIONAL DE LA SECRETARÍA DE SALUD.																				Realizo: Hinojosa. Meneses. Preciado.					
Ubicación: Cto. Eléctrico. Tablero de distribución: TGAIS. MCA: SQUARE'D. Tipo: NQOD12-4AB12-S.																				Reviso: C.J.L.					
TEMPERATURA: 32° C 3 Fases 4 Hilos 60 Hertz 220 / 127 Volts. F.P. 0.9 Fecha: Octubre del 2008.																									
CIRCUITO	CARGA INSTALADA (WATTS)	TAB. TA1	TAB. TA2	LUM. 3T/32 WATTS	LUM. 3T/32 WATTS			FACTOR DE TEMPERATURA	FCTOR AGRUPAMIENTO	FACTOR DE DEMANDA FD	LONGITUD [m]	In [A]	Ia [A]	CALIBRE AWG	CAIDA DE TENSION %	INTERRUPTOR SOBRE CORRIENTE		CONDUCTOR DE TIERRA AWG	CANALIZACION	CARGA DEMANDADA [W]	BALANCEO DE FASE				
																P	X	A			A	B	C		
TGAIS-1,3	5620	1						0.91	1	1.25	25	20.50	30.00	6	1.7114	2	40	10	27mm (1")	5620	2770	2850			
TGAIS-2	Libre																			Libre					
TGAIS-4,6	3620		1					0.91	1	1.25	25	18.28	25.11	8	1.7511	2	30	10	21mm (3/4")	3620		400	3220		
TA2-5	384			4				0.91	1	1.25	30	3.36	4.61	12	0.95823	1	20	12	16mm (12")	384	384				
TGAIS-7	384				4			0.91	1	1.25	30	3.36	4.61	12	0.95823	1	20	12	16mm (1/2")	384	384				
TGAIS-8	Libre																			Libre					
TGAIS-9	Libre																			Libre					
TGAIS-10	Libre																			Libre					
TGAIS-11	Libre																			Libre					
TGAIS-12	Libre																			Libre					
TGAIS-13	Libre																			Libre					
TGAIS-14	Libre																			Libre					
TOTALES	10008	5620	3620	384	384			0.91	1	1.25	5	28.10	40.09	6	0.1758	3	40	10	35mm (1-1/4)	10008	3538	3250	3220		
TOTAL DE UNIDADES		1	1	4	4															Desbalanceo entre fases =8 %			3538	3250	3220
6polos ocupados.										Interruptor principal de 3P X 40 Amp.															

Tabla 5.5 Cuadro de carga del tablero general de aislamiento (TGAIS).

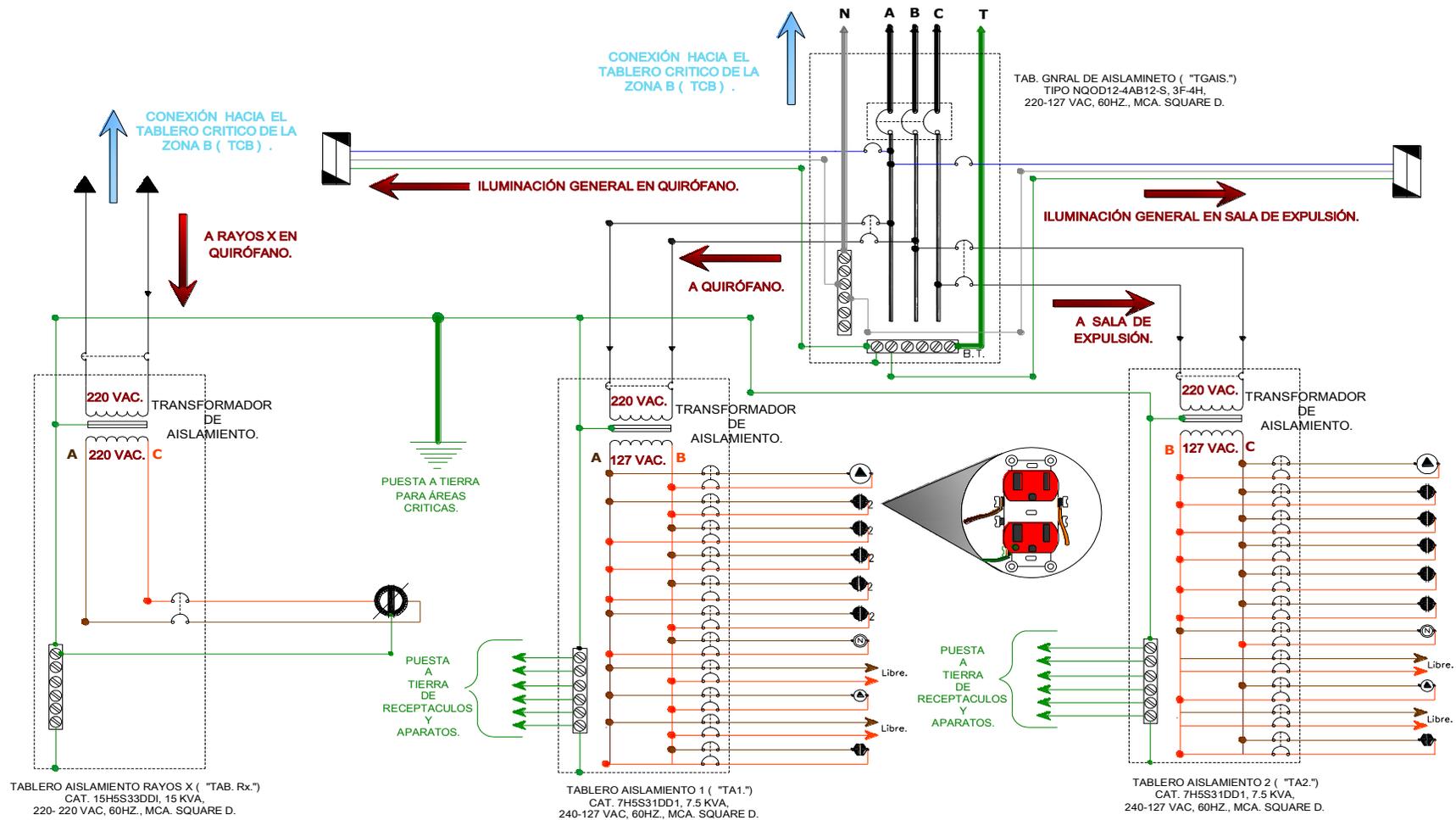


Figura 5.8.2 Diagrama trifilar del sistema eléctrico en las áreas críticas del hospital.

## Conclusiones.

- En el sistema eléctrico diseñado en este proyecto se tomó en consideración todos y cada uno de los posibles indicios de falta de seguridad en el manejo de la energía eléctrica dentro de los procesos quirúrgicos y de la asistencia médica en el trabajo de parto, sin embargo, cualquier sistema eléctrico no es perfecto e infalible a accidentes en su totalidad; se pueden reducir prácticamente a cero estos riesgos si este sistema es inspeccionado, revisado y vigilado con frecuencia por el personal técnico calificado en el mantenimiento de estas áreas del hospital.
- Los dispositivos eléctricos de control y monitoreo de la energía utilizados en el quirófano y la sala de expulsión, refiriéndonos principalmente al tablero de aislamiento y al monitor de aislamiento de línea para el monitoreo de corrientes de fuga, además de ser capaces de soportar la carga instalada en condiciones normales de operación deben cumplir con las normas particulares de calidad en su construcción; en este proyecto nosotros proponemos una marca muy conocida en el mercado nacional e internacional, aunque debemos subrayar que se deben analizar otras opciones en el mercado e incluso la posibilidad de implementar dispositivos similares con el mismo grado de protección y confiabilidad aún con la premisa de que aparentemente diseñar estos dispositivos pudiera ser laborioso pero no imposible.
- En el sistema eléctrico aislado, los tableros de aislamiento encargados de proporcionar energía a la carga conectada en el quirófano, la sala de expulsión y el equipo de rayos X están conectados en el embobinado primario de sus respectivos transformadores con 220 Volts; esta diferencia de potencial la obtenemos, en este caso, entre fases en una alimentación en estrella de cuatro hilos, así que podemos prescindir del conductor neutro para energizar este sistema aislado como se constató en el desarrollo del diseño.

- Finalmente mencionaremos a manera de recomendación que si se pretende hacer una remodelación o cambio en el diseño del sistema eléctrico del hospital a largo plazo, se debe analizar todas y cada una de las cargas que se incrementarán, teniendo en cuenta las áreas donde serán agregadas para no perder de vista la capacidad de la fuente alterna de energía o grupo electrógeno, así como el número de desconectores o tableros de transferencia que se requerirían si la carga total alcanzara un valor superior a los 150 kVA.

# *Apéndice A Planos de diseño del hospital regional de Temixco, Morelos.*

Todos los planos que se realizaron en el desarrollo del presente proyecto de tesis se presentan a continuación partiendo de la siguiente página, estos planos están en el sucesivo orden:

1. Croquis de localización del hospital. *Plano 1.*
2. Croquis de localización del área de cirugía. *Plano 2.*
3. Descripción de la planta arquitectónica, mobiliario y equipo del quirófano y la sala de expulsión. *Plano 3.*
4. Instalación eléctrica de iluminación general. *Plano 4.*
5. Instalación eléctrica de circuitos de fuerza. *Plano 5.*
6. Diagrama unifilar del sistema eléctrico hospitalario. *Plano 6.*

La simbología, acotaciones y características de la instalación eléctrica del quirófano y la sala de expulsión son descritas en cada uno de ellos de acuerdo a las normas de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) con su respectivo mobiliario y equipos.

Cada plano lleva las notas complementarias pertinentes para la mejor explicación e interpretación del mismo.



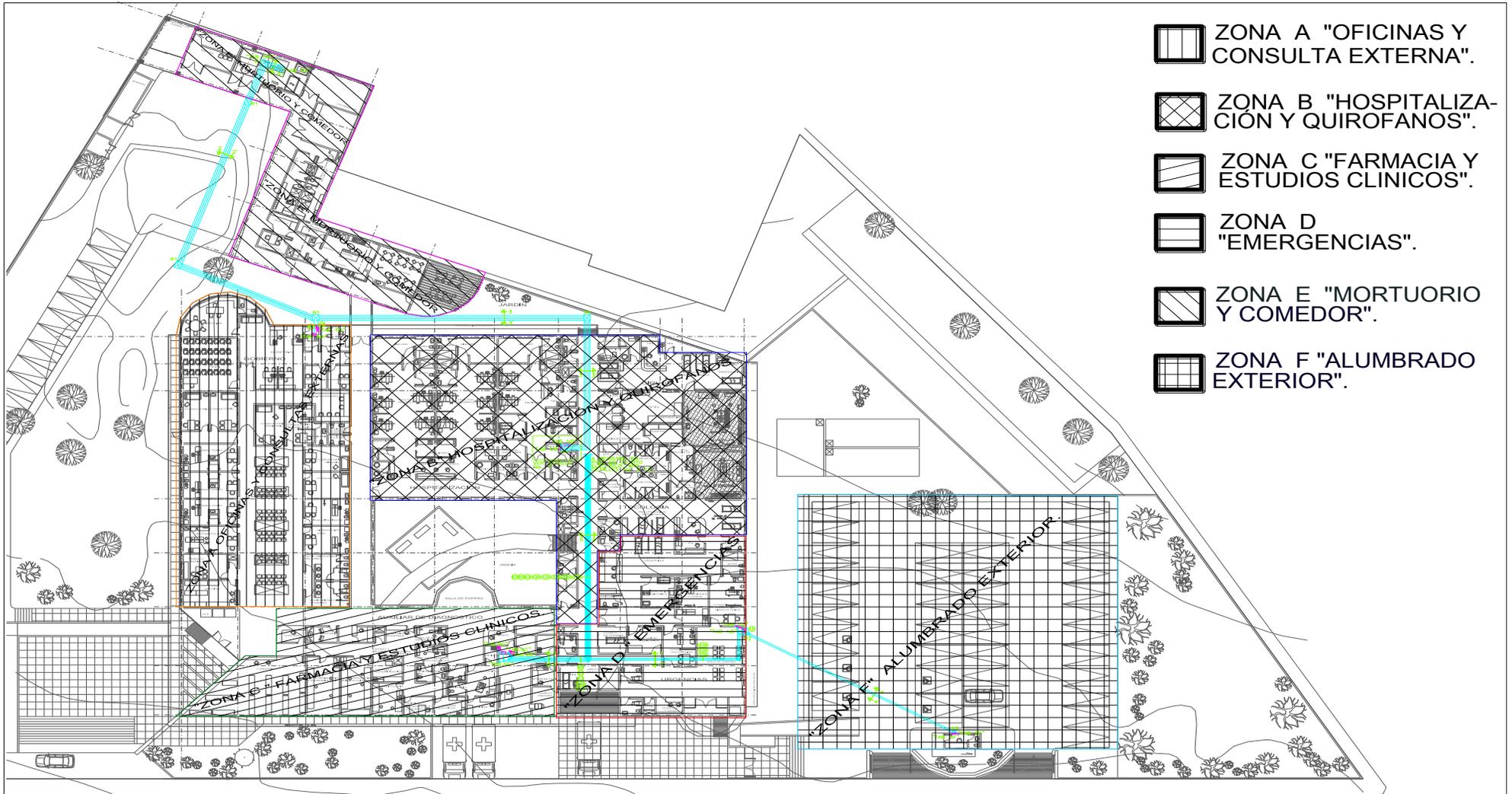
 **Área del hospital.**

### Ubicación.

Calle 18 de Marzo, Esq. 20 de Noviembre. Col. Rubén Jaramillo. Municipio de Temixco, Morelos 

### PROYECTO DE TESIS.

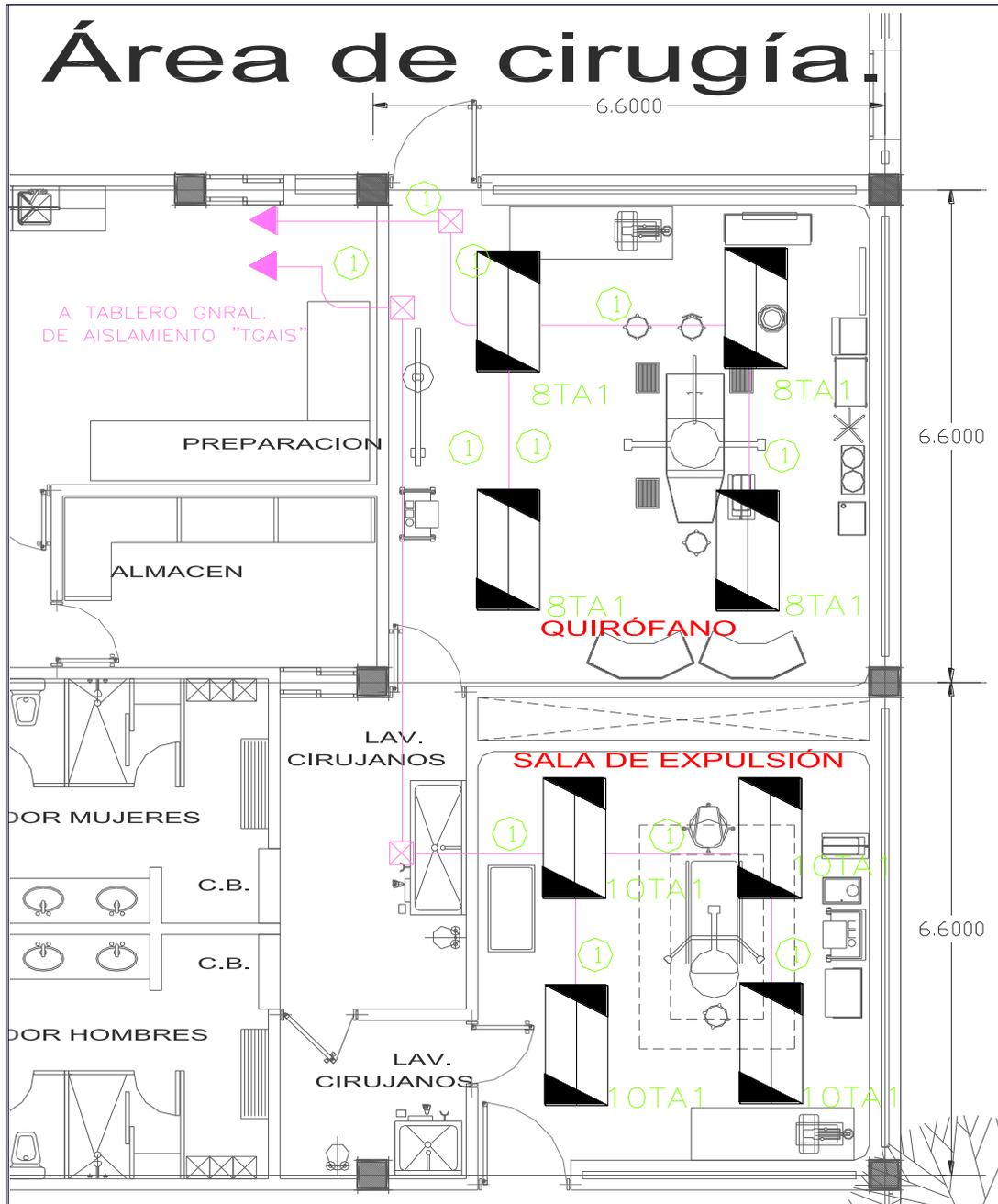
Asesor: Ing. Marco A. Macías.	CROQUIS.	PLANO 1
Fecha: Septiembre 2008	LOCALIZACIÓN.	Hospital Regional Temixco, Morelos.
Elaboro: Hinojosa Meneses Preciado		Acotaciones en metros.



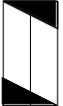
## PROYECTO DE TESIS.

Asesor: Ing. Marco A. Macías.	ZONAS.	PLANO 2
Fecha: Septiembre 2008	<b>DIVISIÓN DEL HOSPITAL.</b>	Hospital regional Temixco, Morelos.
Elaboro: <b>Hinojosa Meneses Preciado</b>		Acotaciones en metros.





### SIMBOLOGÍA.

-  TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADA.
-  LUMINARIO FLORESCENTE DE 3T X 32 W. ARRANQUE RAPIDO TIPO EMPOTRAR CON BALASTRO ELECTRÓNICO, INDICAR CON (S) EL TIPO SOBREPONER DENTRO DEL SIMBOLO. DIMENSIONES : 60 X 122 cm.
-  CAJA DE REGISTRO.

### NOMENCLATURA DE CIRCUITOS.

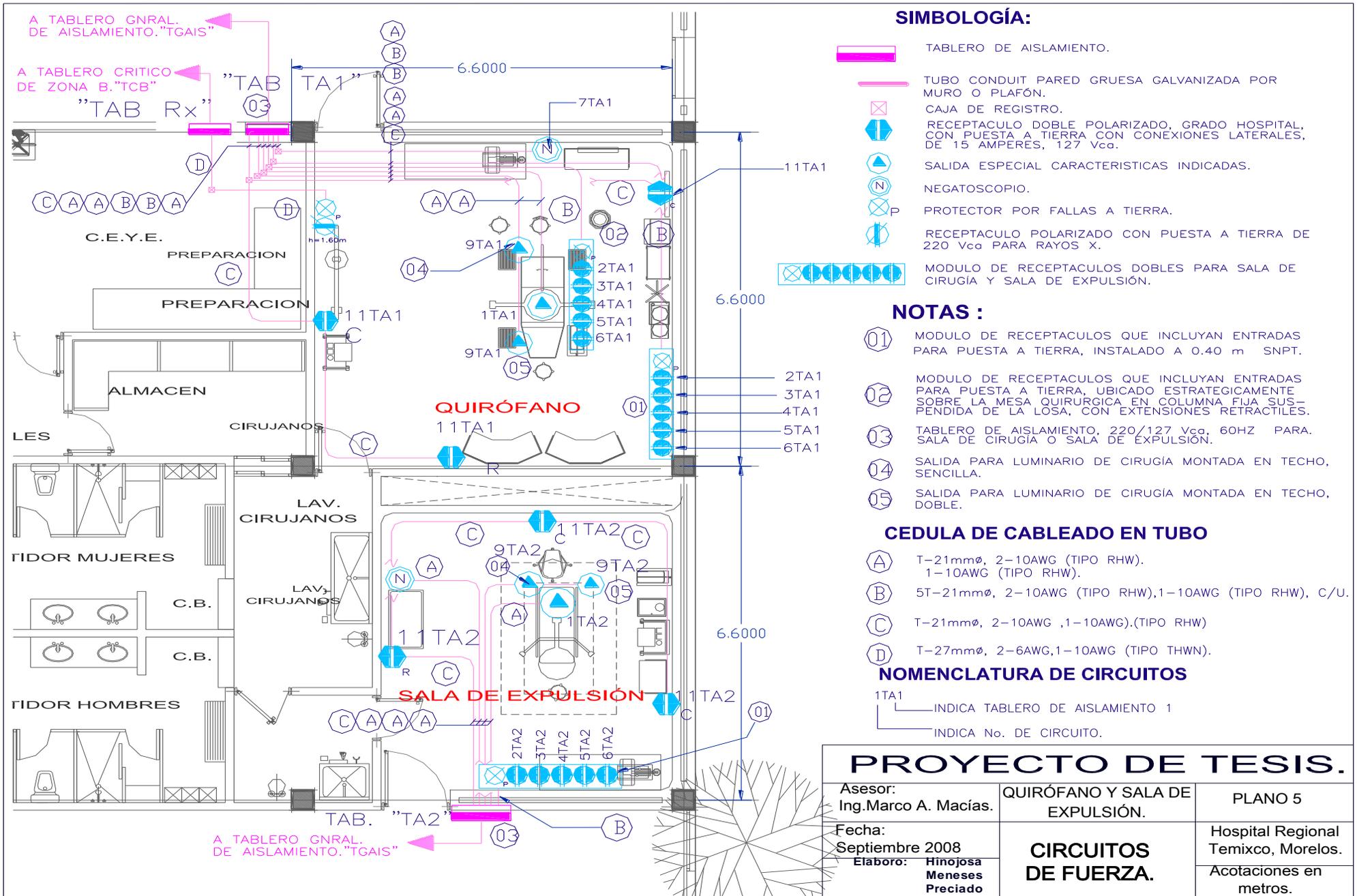
-  INDICA TABLERO DE AISLAMIENTO 1
-  INDICA No. DE CIRCUITO.

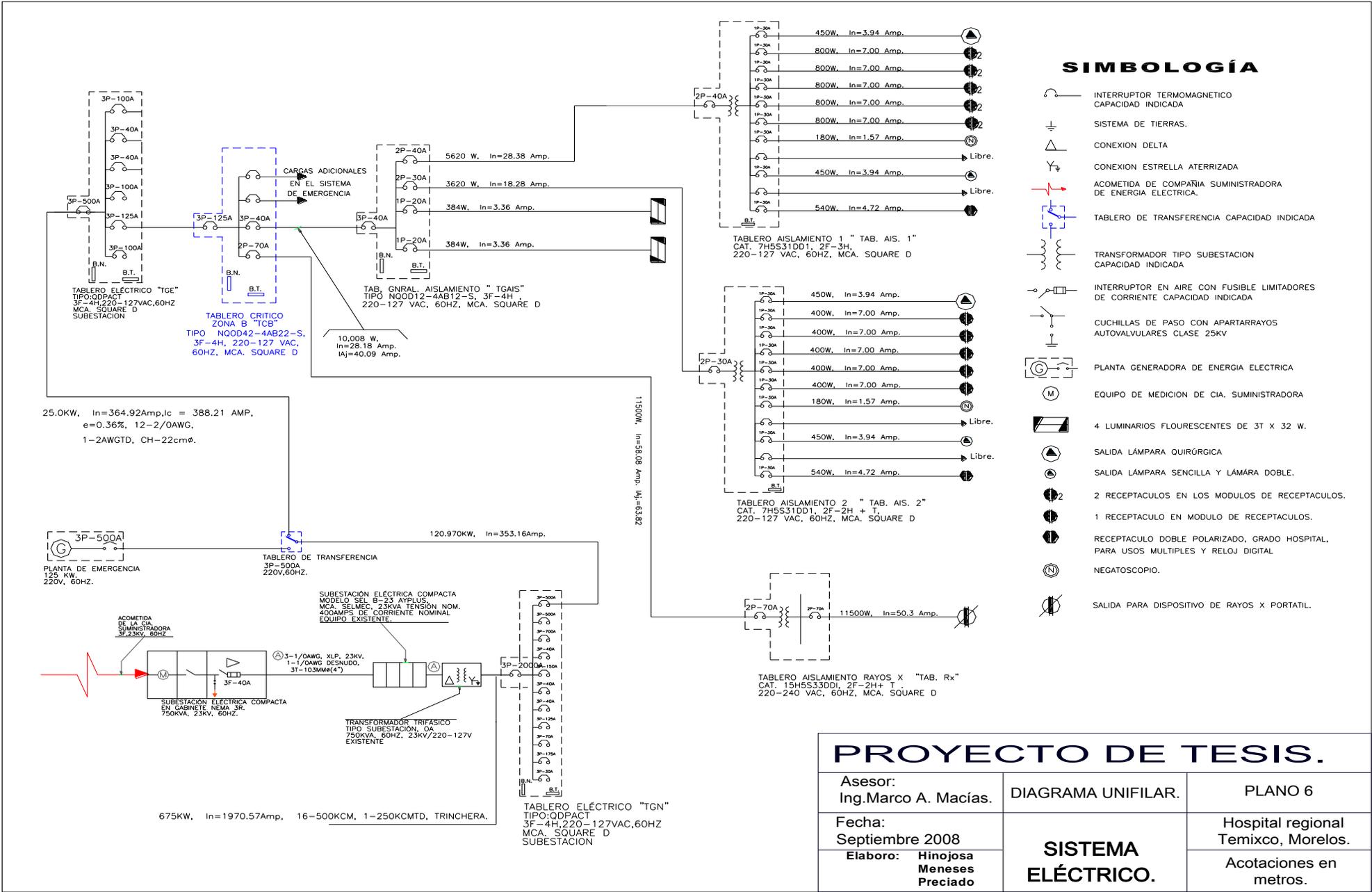
### CEDULA DE CABLEADO.

-  2-12AWG, 1-12AWGD, T-16mmø(1/2")

### PROYECTO DE TESIS.

Asesor: Ing. Marco A. Macías.	QUIRÓFANO Y SALA DE EXPULSIÓN.	PLANO 4
Fecha: Septiembre 2008	<b>ILUMINACIÓN GENERAL.</b>	Hospital Regional Temixco, Morelos.
Elaboro: Hinojosa Meneses Preciado		Acotaciones en metros.





# *Apéndice B Normas y reglamentos de referencia.*

Este apéndice contiene las normas referidas en el capítulo 5 de este proyecto de tesis; siendo principalmente tres. Estas normas son:

- 1. Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-2005.**
- 2. Norma de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).**
- 3. Norma Oficial Mexicana, NOM-197-SSA1-2000.**

En estas normas solo se tratan los artículos mencionados en el proyecto de tesis.

## **1. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN).**

APROBADA EN LA CUARTA SESION ORDINARIA DEL COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS, CELEBRADA EL 8 DE NOVIEMBRE DE 2005.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38, 46, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 13 fracción XVI y 19 fracciones V y VI, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide y publica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), aprobada por el Comité Consultivo

Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del día 8 de noviembre de 2005.

## **INTRODUCCIÓN.**

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (en adelante NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

## **ARTICULO 517.-INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCIÓN DE LA SALUD.**

### **A. Disposiciones generales.**

**517-1. Alcance.** Las disposiciones de este artículo establecen criterios para la construcción e instalaciones eléctricas en lugares de atención de la salud de seres humanos.

Los requisitos de las partes B y C se aplican no sólo a edificios con funciones únicas para la atención de la salud, sino también a aquellos que en forma individual, considerando las respectivas formas de atención a los pacientes, están dentro de un edificio de múltiples funciones (por ejemplo, un consultorio médico localizado dentro de un sanatorio requiere que se apliquen las disposiciones indicadas en 517-10).

**NOTA 1:** Este artículo no se aplica en instalaciones veterinarias.

**NOTA 2:** Para información concerniente al criterio en la ejecución, mantenimiento y pruebas, referirse a los documentos apropiados para instalaciones en lugares de atención de la salud.

**NOTA 3:** Los requisitos de las partes B y C se aplican no sólo a edificios con funciones únicas sino también a aquellos en forma individual considerando sus respectivas formas de trabajo y que estén dentro de un edificio de múltiples funciones (por ejemplo, un consultorio médico localizado dentro de un sanatorio requiere que se apliquen las disposiciones indicadas en 517-10).

**517-20. Locales húmedos.**

(a) **Receptáculos y equipos fijos.** Todos los receptáculos y equipo fijo dentro del local mojado deben tener una protección para el personal con interruptor de circuito por falla a tierra, si la interrupción de energía bajo condiciones de falla puede ser tolerada. Cuando esta interrupción no sea tolerada, la alimentación debe ser por un sistema de energía aislado.

**Excepción:** Circuitos derivados que alimenten solamente a equipo terapéutico y para diagnóstico fijo y aprobado, podrán alimentarse de un servicio normal puesto a tierra, ya sea monofásico o trifásico siempre que:

(1). El alambrado para los circuitos aislados y de los circuitos puestos a tierra no ocupen las mismas canalizaciones, y

(2). Todas las superficies conductoras del equipo estén puestas a tierra.

(b) **Sistema eléctrico aislado.** Donde se utilice un sistema eléctrico aislado, el equipo debe estar aprobado para este propósito e instalado de tal manera que cumpla con lo requerido en el 517-160.

NOTA: Para los requisitos de la instalación en albercas y tinas terapéuticas, véase la parte F del artículo 680.

**(c) Pruebas mínimas.**

Los interruptores de falla a tierra (GFCI) grado hospital y los receptáculos con este tipo de protección, deben de probarse para que operen a menos de 6 mA.

**517-30. Sistemas eléctricos esenciales para hospitales.**

(a) **Aplicación.** Las disposiciones de la parte C, secciones 517-30 a 517-35 deben aplicarse a hospitales donde se requiera el sistema eléctrico esencial.

NOTA: Para información adicional sobre la instalación de bombas centrífugas contra incendios, véase el apéndice B2.

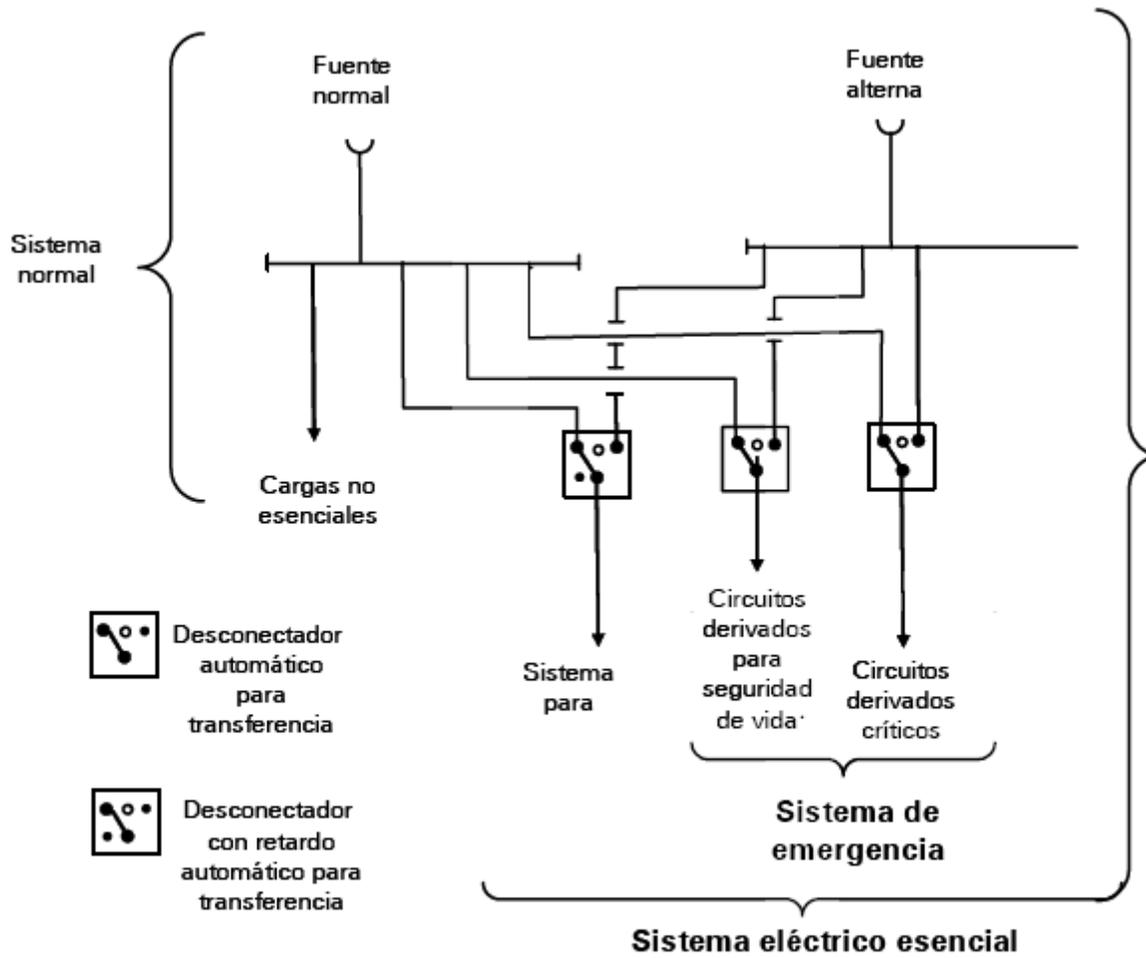
**(b) Disposiciones generales.**

(1) **Sistemas separados.** El sistema eléctrico esencial para hospitales debe estar compuesto por dos subsistemas independientes capaces de suministrar una cantidad limitada de energía eléctrica para el servicio de alumbrado y fuerza, considerado esencial para la seguridad de la vida y la operación segura y efectiva durante el tiempo

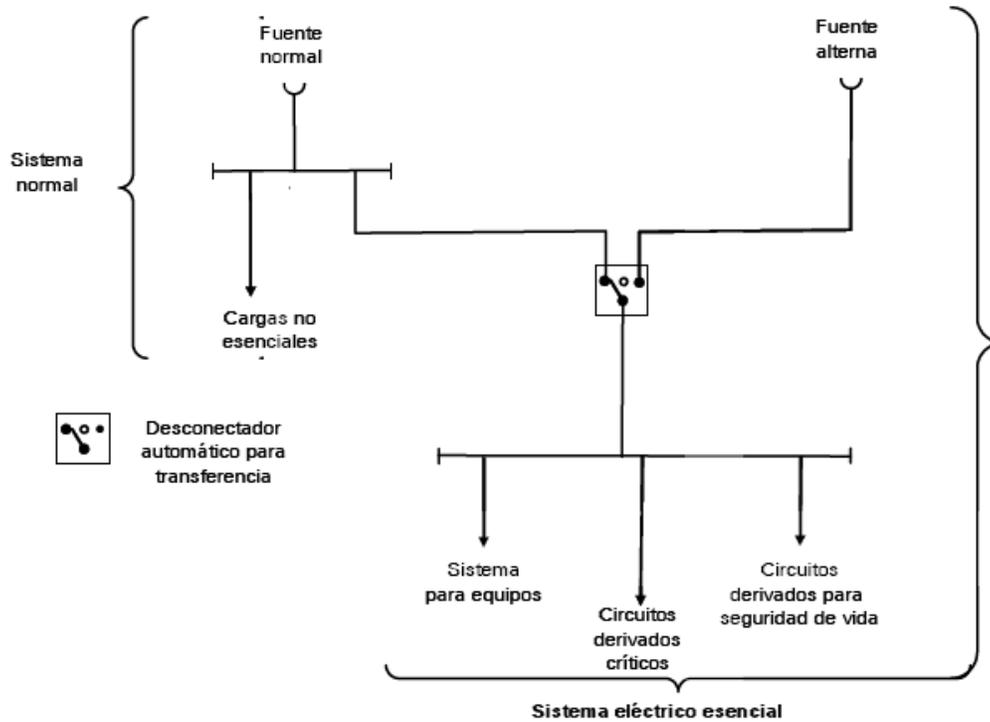
que el servicio eléctrico normal se interrumpe por cualquier razón. Estos dos subsistemas deben ser el subsistema de emergencia y el subsistema para equipos.

- (2) **Sistemas de emergencia.** El sistema de emergencia debe estar limitado a circuitos esenciales para la seguridad de la vida y para atención crítica de pacientes. Estos están designados como circuitos derivados para la seguridad de la vida y circuitos derivados críticos.
- (3) **Sistema de equipo.** El sistema para equipos debe suministrar energía al equipo principal necesario para la atención a los pacientes y a la operación básica del hospital.
- (4) **Desconector de transferencia.** El número de desconectores de transferencia se debe basar en la confiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema de emergencia y cada circuito del sistema de equipos tendrá uno o más desconectores de transferencia, como se observa en las figuras 517-30 (a) y (b). Se permite que un desconector de transferencia alimente uno o más circuitos derivados o subsistemas en una instalación, con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 kVA.

**NOTA:** Para mayor información de las características y de los requerimientos de funcionamiento, operación, mantenimiento y pruebas, de los desconectores de transferencia automáticos y no automáticos para hospitales y centros ambulatorios, apéndices B1 y B2.



**FIGURA 517-30 (a).- Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios – Requisito mínimo de desconectadotes para transferencia.**



**FIGURA 517-30 (b).- Hospitales y lugares de atención de la salud para pacientes ambulatorios – Requisito mínimo de un desconectador para transferencia con carga de hasta 150 kVA.**

- (5) **Otras cargas.** Las cargas alimentadas por el equipo generador y que no estén específicamente mencionadas en las secciones 517-32, 517-33 y 517-34, deben alimentarse por su propio desconectador de transferencia de tal forma que estas cargas:
- (a) No sean transferidas en caso de que se produzca una sobrecarga al equipo generador; y
  - (b) Se desconecten automáticamente al producirse una sobrecarga en el equipo generador.
- (6) **lugares contiguos.** Se permite que las fuentes de alimentación normal y fuentes alternas de un hospital, alimenten a sistemas eléctricos esenciales de otros lugares contiguos o del mismo predio.

**NOTA:** Para información adicional, véase los apéndices B1 y B2.

**(c) Requisitos de alambrado.**

- (1) **Separación de otros circuitos.** Los circuitos derivados de seguridad de la vida y los derivados críticos del subsistema de emergencia deben estar completamente independientes uno del otro y de cualquier otro alambrado de equipos y no deben ocupar las mismas canalizaciones, cajas, o gabinetes. Los alambrados de los circuitos derivados de seguridad de la vida y derivados críticos, se permite que ocupen las

mismas canalizaciones cajas o gabinetes de otros circuitos que no sean parte de estos circuitos derivados donde tales alambrados cumplan con lo siguiente:

- (1): Estén dentro del gabinete del equipo de transferencia; o
  - (2): Estén dentro de las salidas o luminarios de emergencia que son alimentadas de dos fuentes independientes, o
  - (3): Estén dentro de una caja de conexiones anexa a la salida de una luminario de emergencia alimentada de dos fuentes independientes, o
  - (4): Alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados desde el mismo circuito derivado. Se permite que el alambrado de un sistema de equipo ocupe la misma canalización, caja o gabinete de otros circuitos que no sean parte del sistema de emergencia.
- (2) **Sistema eléctrico aislado.** Donde los sistemas eléctricos aislados estén instalados en algunas de las áreas dadas en las secciones 517-33(a) (1) y 517-33(a) (2) cada sistema debe ser alimentado por un circuito individual sin alimentar otra carga.
- (3) **Protección mecánica del sistema de emergencia.** El alambrado de un sistema de emergencia para un hospital debe estar protegido mecánicamente por una canalización metálica rígida o cable armado tipo MI.

**Excepción 1:** Los cordones y cables flexibles de aparatos u otros equipos de utilización, conectados al sistema de emergencia, no requieren alojarse en canalizaciones.

**Excepción 2:** Los circuitos secundarios de los transformadores para sistemas de comunicaciones o señalización, no se requiere que estén alojados en canalizaciones, a menos que se especifique otra cosa en los capítulos 7 u 8.

**Excepción 3:** Se permite el tubo (conduit) rígido no metálico tipo pesado si los circuitos derivados no alimentan áreas de atención a pacientes y si no se prohíbe en otra parte de esta norma.

**Excepción 4:** Donde esté ahogado en concreto no-menos de 50 mm de espesor, se permite utilizar tubo (conduit) rígido no metálico tipo ligero o tubería eléctrica no metálica, en circuitos derivados que no alimenten áreas de atención a pacientes.

**Excepción 5:** Se permite el uso de canalizaciones metálicas flexibles y cables armados, en módulos prefabricados grado médico para montaje en muro, mobiliario aprobado para oficinas o donde sea necesaria una conexión flexible al equipo.

**NOTA:** Ver la sección 517-13 (a) y (b) para requisitos adicionales de puesta a tierra en áreas de atención al paciente,

**(d) Capacidad de sistemas.** El sistema eléctrico esencial, debe tener capacidad suficiente para satisfacer la demanda de la operación de todas las funciones y equipos alimentados por cada sistema y sus circuitos derivados. Los alimentadores deben dimensionarse de acuerdo con lo indicado en los artículos 215 y 220. El (los) grupo(s) generador(es) debe(n) tener capacidad suficiente y un rango adecuado para cubrir la demanda requerida por la carga de los sistemas eléctricos esenciales en cualquier momento.

El cálculo de la demanda para dimensionar el (los) generador(es) debe basarse en:

- (1) factores prudentes de demanda y datos históricos, o
- (2) carga conectada, o
- (3) procedimiento de cálculos de alimentadores como se describe en el artículo 220, o
- (4) cualquier combinación de las anteriores consideraciones.

Los requisitos para dimensionar lo descrito en 700-5 y 701-6 no deben aplicarse en el grupo o grupos generadores para hospitales.

**(e) Identificación de receptáculos.** La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos eléctricos o ambos, alimentados del sistema de emergencia deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

**NOTA:** Para información adicional, véase los apéndices B1 y B2.

**517-31. Sistema de emergencia.** Aquellas funciones de atención de pacientes que dependan de la iluminación, de equipos, aparatos y dispositivos que son conectados al sistema de emergencia, deben estar divididos en dos circuitos derivados obligatorios: el circuito de seguridad de la vida y el circuito derivado crítico, descritos en 517-32 y 517-33, respectivamente.

Los circuitos derivados del sistema de emergencia deben estar instalados y conectados a la fuente alterna de alimentación, de manera que las funciones especificadas en 517-32 y 517-33 para el sistema de emergencia, deben ser automáticamente restablecidas para operar dentro de diez segundos después de la interrupción de la fuente normal.

**517-32. Circuito derivado de seguridad de la vida.** Al circuito derivado de la seguridad de la vida no debe conectarse ninguna otra función diferente a las mencionadas en los incisos del (a) al (g) de esta sección. El circuito derivado de seguridad de la vida del sistema de emergencia debe alimentar las siguientes funciones de: alumbrado, receptáculos y los equipos indicados en esta sección (incisos a, b, c, d, f y g).

**(a) Iluminación de las rutas de evacuación.** La iluminación de las rutas de evacuación tales como: circulaciones, pasillos, escaleras y áreas que acceden a las puertas de salida o de acceso a zonas seguras y en general a todas las vías necesarias que conduzcan a las mismas, se permite un arreglo en la disposición de circuitos para transferir alumbrado de los pasillos de encamados del circuito general al nocturno siempre y cuando se pueda seleccionar sólo uno de ellos y que ambos circuitos no puedan interrumpirse al mismo tiempo.

**(b) Señalización de salidas.** Las señales de salida y flechas que indiquen las rutas de evacuación hasta las áreas seguras.

**(c) Sistemas de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta incluyen lo siguiente:

**(1)** Alarmas contra incendio.

**(2)** Alarmas para los sistemas utilizados en tuberías de gases para uso médico no inflamables.

**NOTA:** Para mayor información, ver apéndices B1 y B2.

**(d) Sistemas de comunicación.** Sistemas de comunicación en hospitales, donde se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia.

**(e) Local del grupo generador.** Alumbrado del área de maniobras de las baterías de la planta de emergencia y del cargador del banco de baterías y receptáculos seleccionados.

**(f) Elevadores.** Iluminación en las cabinas de los elevadores, sistemas de control, señalización y comunicación.

**(g) Puertas automáticas.** Puertas operadas automáticamente utilizadas para la evacuación de edificios.

**NOTA:** Para mayor información ver apéndices B1 y B2.

**517-33. Circuito derivado crítico.**

**(a) Iluminación de áreas de trabajo y receptáculos seleccionados.** El circuito derivado crítico del sistema de emergencia debe abastecer energía para el alumbrado del lugar de trabajo y para equipo fijo y circuitos especiales de alimentación y receptáculos seleccionados que sirvan a las siguientes áreas y tengan funciones relacionadas con la atención de pacientes.

**(1)** Iluminación de las áreas de trabajo de atención crítica al paciente donde se utilicen gases anestésicos, receptáculos seleccionados y equipo fijo.

**(2)** Los sistemas eléctricos aislados en ambientes especiales.

**(3)** Áreas de atención al paciente, iluminación del lugar de trabajo y receptáculos seleccionados en:

**a.** Pediatría.

**b.** Preparación de medicamentos.

**c.** Farmacias.

**d.** Cuidados intensivos.

**e.** Camas de psiquiatría (omitir los receptáculos).

**f.** Salas de tratamientos.

**g.** Centrales de Enfermeras.

**(4)** Alumbrado adicional y receptáculos en lugares de atención especializada de pacientes, donde se necesite.

**(5)** Sistema de llamadas de enfermeras.

**(6)** Banco de sangre, de huesos y de tejidos.

**(7)** Salas y armarios para equipo de telefonía.

**(8)** Alumbrado de áreas de trabajo, receptáculos y circuitos seleccionados en los siguientes casos:

**a.** Camas de atención general (al menos un receptáculo doble por cada cama de pacientes).

**b.** Laboratorios de angiografía.

**c.** Laboratorios de cateterismo cardiaco.

**d.** Unidad de cuidados coronarios.

**e.** Áreas o salas de hemodiálisis.

**f.** Áreas de tratamientos en salas de urgencias (seleccionados).

**g.** Laboratorios de fisiología humana.

**h.** Unidad de terapia intensiva.

**i.** Salas de recuperación postoperatoria (seleccionados).

**(9)** Alumbrado de lugares de trabajo, receptáculos y circuitos seleccionados adicionales, necesarios para la operación efectiva del hospital. Se permite que los motores fraccionarios monofásicos estén conectados del circuito derivado crítico.

**NOTA:** Para información adicional sobre centros de atención de la salud, ver el apéndice B2.

**(b) Subdivisión del circuito derivado crítico.** Está permitido dividir el circuito derivado crítico en dos o más circuitos derivados.

**NOTA:** Es importante analizar las consecuencias de alimentar un área solamente con un circuito derivado crítico, cuando ocurre una falla entre ésta área y el desconector de transferencia. Puede ser apropiado alimentar una parte con sistema normal y crítico, o del circuito derivado crítico, desde desconectores de transferencia diferentes.

**(c) Identificación de receptáculos.** La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos o ambos, alimentados por el derivado crítico deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

**517-34. Conexión del sistema de equipo a la fuente alterna de energía.** El sistema de equipo debe ser instalado y conectado a la fuente alterna de energía, de tal manera que el equipo descrito en 517-34 (a) se restablezca automáticamente en operación en un intervalo de tiempo apropiado, después de energizar al sistema de emergencia. Estos arreglos también proveen la conexión subsiguiente del equipo descrito en 517-34 (b).

**NOTA:** Para mayor información, ver apéndices B1 y B2.

**Excepción:** Se permite para los sistemas eléctricos esenciales menores de 150 kVA suprimir el intervalo de tiempo para retraso de la conexión automática del sistema para equipos.

**(a) Equipo para conexión de retardo automático.** El siguiente equipo debe ser conformado para una conexión con retardo automático a la fuente alterna de energía.

**(1)** Sistemas centrales de succión que sirvan a funciones médicas y quirúrgicas incluyendo los controles.

Tales sistemas de succión son permitidos en el circuito derivado crítico.

- (2) Las bombas de desagüe u otro equipo cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos importantes, incluyendo sus sistemas asociados de control y alarma.
- (3) Sistemas de aire comprimido grado médico que sirvan a funciones médicas y quirúrgicas incluyendo los controles. Tales sistemas de aire son permitidos en el circuito derivado crítico.
- (4) Sistemas de control de humos o de presurización de escaleras o ambos.
- (5) Sistemas de inyección o extracción o ambos para campanas de cocina, si se requiere su operación durante un incendio al interior o debajo de la campana.

**Excepción.** Cuando los estudios de ingeniería indiquen que es necesario, se permite la conexión con retardo automático secuencial a la fuente alterna de energía, para prevenir sobrecargas al generador.

**(b) Equipo para conexión de retardo automático o manual.** El siguiente equipo debe ser planeado para conexión de retardo automático o manual a la fuente alterna de energía:

- (1) Equipo para calefacción y/o refrigeración en salas de cirugía, de parto, de labor, de recuperación, de terapia intensiva y cuidados coronarios, de pediatría, y de urgencias, cuartos generales de pacientes y cuartos de aislamiento por infección, así como, las bombas de agua (bomba piloto), necesaria para mantener presurizado el sistema básico de protección contra incendio.

**Excepción:** La calefacción de cuartos generales de pacientes y cuarto de aislamiento por infección durante la interrupción de la fuente normal de energía, no se requiere bajo ninguna de las siguientes condiciones:

- a. Si la temperatura exterior de diseño es mayor que  $-6,7^{\circ}\text{C}$ .
- b. Si la temperatura externa de diseño es menor que  $-6,7^{\circ}\text{C}$ , y donde se ha provisto un cuarto seleccionado para las necesidades médicas de todos los pacientes confinados, únicamente este cuarto requiere calefacción.
- (c) Las instalaciones servidas por una doble fuente normal de energía.

**NOTA 1:** La temperatura de diseño está basada en el 97,5% del valor de diseño. Ver apéndice B2.

**NOTA 2:** Para descripción de una doble fuente normal de energía, véase la nota de la sección 517-35 (c).

- (2) Un elevador seleccionado para proporcionar servicio a pacientes entre salas de cirugía, salas de expulsión (parto) y planta baja durante una interrupción de la fuente normal. En los casos de la interrupción de la fuente normal que provoque un paro de los otros elevadores entre pisos, se deben proveer elementos de transferencia que permitan el funcionamiento temporal de cualquier elevador para poder liberar a los pacientes u otras personas que hayan quedado atrapadas entre pisos.
- (3) Sistemas de ventilación e inyección, retorno y extracción para climatización de cuartos de aislamiento de infecciones, cuartos de protección del medio ambiente, ventiladores de extracción de humos en campanas de laboratorios, áreas de medicina nuclear donde se use material radioactivo, evacuación de óxido de etileno y demás gases anestésicos. Donde la conexión eléctrica de retardo automático no es apropiada, tales sistemas de ventilación se permite sean colocados en el circuito derivado crítico.

**NOTA:** Para mayor información, ver apéndices B1 y B2.

- (4) Cámaras hiperbáricas.
- (5) Cámaras hipobáricas.
- (6) Puertas operadas automáticamente.
- (7) Un mínimo de autoclaves de operación eléctrica, se permite que estén conformados para conectarse en forma automática o manual, a la fuente alterna de energía.
- (8) Controles para equipos listados en la sección 517-34.
- (9) Se permite que otros equipos seleccionados sean conectados al sistema de equipos.

**NOTA:** Para mayor información, ver apéndices B1 y B2.

#### **517-35. Fuentes de energía.**

- (a) **Dos fuentes de energía independientes.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes de energía independientes. Una fuente normal que generalmente alimente a todo el sistema eléctrico y una o más fuentes alternas para uso cuando se interrumpa el servicio normal.
- (b) **Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe ser una de las siguientes:
  - (1) Uno o varios generadores accionados por alguna clase de fuerza motriz y ubicados en el predio.

- (2) Otra(s) unidad(es) generadora(s) donde la fuente normal consista de unidad(es) generadora(s) ubicada(s) en el predio.
- (3) Una acometida de energía externa cuando la fuente normal consista de unidad(es) generadora(s) localizada(s) en el predio.
- (c) **Ubicación de los componentes del sistema eléctrico esencial.** Deben darse consideraciones de cuidados externos en la ubicación de los locales donde se encuentren los componentes del sistema eléctrico esencial, para minimizar interrupciones causadas por fuerzas naturales comunes en el área (por ejemplo: tormentas, inundaciones, terremotos y riesgos creados por estructuras o actividades contiguas). También debe considerar la posible interrupción de los servicios eléctricos normales, como resultado de causas similares, así como la interrupción del servicio eléctrico normal debido a las fallas internas del alambrado o de los equipos.

**NOTA:** En instalaciones cuya fuente de energía normal tenga dos o más acometidas independientes provenientes de subestaciones diferentes del servicio eléctrico normal, es más confiable que aquellas que tengan una sola acometida. La doble fuente de suministro normal, consiste de dos o más servicios de energía eléctrica alimentados desde subestaciones independientes o desde una red de distribución del suministrador con múltiples fuentes de alimentación dispuestos con independencia mecánica y eléctrica, de tal manera que una falla entre las instalaciones, las fuentes generadoras o subestaciones del suministrador, no es causa probable de una interrupción en más de uno de los alimentadores que suministran el servicio al lugar para atención de la salud.

#### **517-41. Sistemas eléctricos esenciales.**

- (a) **Disposiciones generales.** Los sistemas eléctricos esenciales para enfermerías y áreas de atención limitada deben constar de dos circuitos derivados capaces de suministrar una cantidad limitada de servicios de alumbrado y fuerza, los cuales sean considerados esenciales para la seguridad de la vida y la operación efectiva de la institución durante el tiempo que se interrumpa el servicio eléctrico normal por cualquier causa.

Estos dos circuitos derivados independientes deben ser el de seguridad de la vida y el derivado crítico.

**NOTA:** Para información ver apéndices B.1 y B.2.

**(b) Desconectores de transferencia.** El número de desconectores de transferencia a utilizar se debe basar en la confiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por uno o más desconectores de transferencia, como se observa en la figura 517-41 (a). Se permite que un desconector de transferencia alimente a uno o más circuitos derivados o sistemas eléctricos esenciales en una instalación con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 kVA como se observa en la figura 517-41 (b).

**NOTA:** Para información sobre la selección, operación, mantenimiento y pruebas requeridas a los desconectores de transferencia en enfermerías y lugares de atención limitada ver apéndices B.1 y B.2.

**(c) Capacidad del sistema.** El sistema eléctrico esencial debe tener la capacidad para satisfacer la demanda de la operación de todas las funciones y de los equipos, alimentados por cada circuito derivado en forma simultánea.

**(d) Separación de otros circuitos.** El circuito derivado de seguridad de la vida debe estar totalmente independiente de otros alambrados y equipos, y no ocupar la misma canalización, cajas o gabinetes de otros alambrados, excepto en los casos siguientes:

- (1) En desconectores de transferencia.
- (2) En luminarios alimentados desde dos fuentes para señalización de rutas de evacuación.
- (3) En cajas de conexiones comunes conectadas a los luminarios de salida o emergencia alimentadas desde dos fuentes.

Se permite que el alambrado del circuito derivado crítico ocupe las mismas canalizaciones, cajas o gabinetes de otros circuitos que no sean parte del circuito derivado de seguridad de la vida.

**517-42. Conexión automática al circuito derivado de seguridad de la vida.** El circuito derivado de seguridad de la vida debe ser instalado y conectado a una fuente alterna de energía de manera que todas las operaciones de los servicios especificados en esta sección se restablezcan automáticamente para su funcionamiento en un lapso menor que 10 s después de la interrupción de la fuente normal. Ninguna otra función que las instaladas 517-42 (a) hasta 517-42 (g) deben conectarse al circuito derivado de seguridad de la vida. El circuito derivado de seguridad de la vida debe suministrar energía para alumbrado, receptáculos y equipos:

**NOTA:** El circuito derivado de seguridad de la vida es llamado el Sistema de emergencia, véase apéndice B1 y B2.

**(a) Iluminación de las rutas de evacuación.** La iluminación de las rutas de evacuación, tal como el alumbrado requerido para circulaciones, pasillos, escaleras, helipuerto y acceso a puertas de salida y de las vías necesarias para llegar a las salidas y áreas seguras. Se permite un arreglo para transferir el alumbrado de pasillos de encamados a los circuitos generales de alumbrado, siempre que uno de los dos circuitos se seleccione y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse al mismo tiempo.

**(b) Señalización de salidas.** Las señales de salidas y señales direccionales de salida.

**(c) Sistemas de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta incluyen lo siguiente:

**(1)** Alarmas de incendio.

**(2)** Alarmas requeridas por los sistemas de distribución de gases medicinales no inflamables.

**NOTA:** Para mayor información consultar el apéndice B1 y B2.

**(d) Sistemas de comunicación.** Sistemas de comunicación, cuando éstos se utilicen para transmitir instrucciones durante las situaciones de emergencia.

**(e) Comedores y áreas de recreación.** Luminarios suficiente en comedores y áreas de recreación para proveer iluminación en las rutas de salida.

**(f) Local del grupo generador.** El alumbrado del área de trabajo y receptáculos seleccionados en el lugar destinado para el grupo generador, además de iluminación de emergencia a base de baterías.

**(g) Elevadores.** Iluminación en las cabinas de los elevadores, sistemas de control, comunicación y señalización en elevadores.

**NOTA:** Para mayor información puede consultarse el apéndice B1 y B2.

**517-43. Conexión a un circuito derivado crítico.** El circuito derivado crítico debe instalarse y conectarse a la fuente alterna de energía, de forma que el equipo citado en 517-43 (a) se restablezca automáticamente a intervalos de tiempo apropiados siguiendo la secuencia de restablecimiento de la operación del circuito derivado de seguridad de la vida. Esta conformación debe también proceder para la conexión adicional del equipo listado en 517-43 (b) por otros retardadores automáticos o de operación manual.

**Excepción:** Para sistemas eléctricos esenciales hasta de 150 kVA, se permite la conexión con retardo automático del subsistema de equipos.

(a) **Conexión automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse para una conexión automática con retardo a la fuente alterna de energía.

(1) **Áreas de atención de pacientes.** Iluminación de trabajo y receptáculos seleccionados en:

a. Áreas de preparación de medicamentos.

b. Áreas de despacho en farmacias.

c. Central de enfermeras.

(2) Bombas para desagüe y otros equipos y otros equipos requeridos para operar con mayor seguridad los aparatos y sus sistemas de control y alarmas.

(3) Sistemas de control de detección de humos y presurización de escaleras.

(4) Sistemas de inyección y extracción para gases y humos en campanas de cocina, que requieran operar durante un incendio en o bajo la campana.

(5) Sistemas de inyección, retorno y extracción para cabinas en cuartos de aislados por infección.

(b) **Conexión manual o automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse ya sea para una conexión manual o automática con retardo de tiempo a la fuente alterna de energía.

(1) Equipo de calefacción para cuartos de pacientes.

**Excepción:** La calefacción de cuartos de pacientes durante la interrupción de la fuente normal no se requiere bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

(a). La temperatura exterior de diseño es mayor que  $-6,7^{\circ}\text{C}$ ; o

(b). La temperatura externa de diseño es menor que  $-6,7^{\circ}\text{C}$ , y donde se ha provisto un cuarto seleccionado para las necesidades médicas de todos los pacientes que se alberguen, únicamente este cuarto requiere calefacción, o

(c). La instalación está alimentada por una fuente doble de energía como la descrita en 517-44 (c).

**NOTA:** La temperatura exterior de diseño está basada en el 97,5% del valor de diseño, véase apéndice B2.

- (2) **Elevador de servicio.** En los casos en que la interrupción de energía provoque el paro de elevadores entre pisos, la instalación debe permitir la operación temporal de cualquier elevador para liberar a los pasajeros. Para los requisitos de alumbrado, control y sistemas de señalización, de la cabina del elevador, véase la sección 517-42 (g).
- (3) Iluminación, receptáculos y equipos adicionales se permitirán conectarse solamente al circuito derivado crítico.

**NOTA:** Para mayor información ver apéndice B1 y B2.

#### **517-44. Fuentes de energía.**

- (a) **Dos o más fuentes independientes de energía.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía: una fuente normal generalmente alimentando al sistema eléctrico total y una o más fuentes alternas para su uso cuando la fuente normal se interrumpe.

**NOTA –** Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

- (b) **Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe ser uno o varios generadores accionados por alguna forma de motores primarios y localizados en el mismo predio del usuario.

**Excepción 1:** Donde la fuente normal consista de unidades generadoras en el predio, la fuente alterna deberá ser cualquier otro grupo generador o un servicio externo.

**Excepción 2:** Las enfermerías y los lugares de atención limitada que cumplan los requerimientos de la excepción del 517-40 (a) se permite el uso de un sistema de baterías o batería auto contenida o integrada con el equipo.

**NOTA –** Para mayor información consultar los documentos apropiados apéndices B1 y B2.

- (c) **Ubicación de los componentes de sistemas eléctricos esenciales.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los lugares destinados a los componentes del sistema eléctrico esencial para minimizar las interrupciones ocasionadas por siniestros propios del área (por ejemplo, tormentas, inundaciones, terremotos o peligros creados por estructuras o movimientos colindantes). Se debe considerar la posible interrupción de

los servicios eléctricos normales que resulten por causas similares, así como posibles interrupciones del suministro normal debido a fallas del equipo y del alambrado interno.

**NOTA:** En instalaciones cuya fuente de energía normal tenga dos o más acometidas independientes provenientes de una estación central el servicio eléctrico normal es más confiable que aquellas que tengan una sola acometida. Esta doble fuente de suministro normal, consiste de dos o más servicios de energía eléctrica alimentados desde grupos generadores independientes o desde una red de distribución del suministrador, con múltiples fuentes de alimentación dispuestos con independencia mecánica y eléctrica, de tal manera que una falla entre las instalaciones y las fuentes generadoras no es causa probable de una interrupción en más de uno de los alimentadores que suministran el servicio.

#### **517-71. Conexión al circuito alimentador.**

**a) Equipo fijo y estacionario.** El equipo de rayos X fijo y estacionario debe ser conectado al circuito alimentador por medio de un método de alambrado que cumpla con los requisitos generales de esta norma.

**Excepción:** Equipo debidamente alimentado por un circuito derivado cuya capacidad especificada no exceda los 30 A, puede alimentarse a través de una clavija apropiada con cordón o cable para servicio rudo o pesado.

**b) Equipo portátil, móvil y transportable.** Para equipo portátil, móvil o transportable de rayos X, no se requiere circuito derivado individual cuando su capacidad no excede de 60 A.

**c) Suministro con tensión eléctrica superior a 600 V.** El equipo y circuitos que operan con tensiones eléctricas superiores a 600 V, deben cumplir con el artículo 710.

#### **517-72. Medios de desconexión.**

**a) Capacidad.** El circuito alimentador, para un equipo de rayos X, debe contar con un medio de desconexión con adecuada capacidad del 50% como mínimo del régimen momentáneo o de 100% del régimen prolongado del equipo de rayos X, cualquiera que sea mayor.

**b) Ubicación.** El medio de desconexión debe ser operable desde un lugar fácilmente accesible desde la consola de control del equipo de rayos X.

c) **Equipo portátil y móvil.** Para equipo conectado a circuitos derivados de 120 V o 127 V y 30 A o menos, se permite el uso de receptáculos y clavijas del tipo de puesta a tierra de capacidad apropiada como medio de desconexión.

**517-73. Capacidad de conducción de corriente de los conductores y de las protecciones por sobrecorriente.**

**a) Equipo de diagnóstico.**

1) **Circuitos derivados.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores de un circuito derivado y de los dispositivos de protección por sobre corriente no debe ser inferior a 50% de la capacidad de corriente eléctrica de régimen momentáneo o de 100% del régimen prolongado, cualquiera que sea mayor.

2) **Circuitos alimentadores.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores y de los dispositivos de protección por sobre corriente de los alimentadores para dos o más circuitos derivados que alimenten unidades de rayos X no debe ser menor que 50% de la demanda máxima instantánea del equipo más grande de rayos X, más 25% de la demanda máxima instantánea de la siguiente unidad de mayor capacidad, más 10% de la demanda momentánea de cada uno de los otros equipos de diagnóstico médico de rayos X. Donde se hagan exámenes simultáneos biplanares con unidades de rayos X, los conductores de alimentación y los dispositivos de protección por sobre corriente deben ser del 100% de la demanda máxima instantánea de corriente eléctrica de cada unidad de rayos X.

**NOTA:** El conductor de menor tamaño nominal para circuitos derivados y alimentadores está también determinado por los requerimientos de regulación de la tensión eléctrica. Para una instalación específica, el fabricante usualmente especifica tamaños mínimos de transformadores de distribución y conductores, capacidad de corriente eléctrica de los medios de desconexión y de la protección por sobre corriente.

**b) Equipo terapéutico.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores y de los dispositivos de sobrecorriente no debe ser menor que 100% de la capacidad de corriente eléctrica del equipo médico de rayos X para terapia.

**NOTA:** La capacidad de los conductores de circuito derivado, del medio de desconexión y de las protecciones por sobrecorriente de los equipos médicos de rayos X, normalmente es establecida por el fabricante para la instalación específica.

**517-74. Conductores del circuito de control.**

- a) **Número de conductores alojados en una canalización.** El número de conductores de los circuitos para control, alojados en una canalización, debe ser determinado de acuerdo con lo indicado en 300-17.
- b) **Tamaño mínimo de los conductores.** En los circuitos para controles y la operación de los equipos de rayos X, sus dispositivos y equipos auxiliares, se permite el uso de alambres y de cordones flexibles calibres 0,824 mm<sup>2</sup> (18 AWG) o de 1,31 mm<sup>2</sup> (16 AWG) como se especifica en 727-27, siempre y cuando su protección por sobrecorriente no sea mayor que 20 A.

**517-75. Instalaciones de equipo.** Todo equipo para nuevas instalaciones médicas de rayos X y todos los equipos de rayos X usados y reacondicionados o reconstruidos, para ser trasladados y reinstalados en otro local, deben ser del tipo aprobado y contar con la documentación aprobada por la autoridad que tenga jurisdicción.

**517-76. Transformadores y capacitores.** No se requiere que los transformadores y capacitores que formen parte de un equipo de rayos X, cumplan con lo establecido en los artículos 450 y 460. Los capacitores deben montarse dentro de envolventes de material aislante o de metal puesto a tierra.

**517-77. Instalación de cables de alta tensión para equipo de rayos X.** Los cables con pantalla puesta a tierra para conexión de tubos de rayos X y para intensificadores de imagen, se permite que sean instalados en soportes para cables tipo charolas o en ductos suministrados por el fabricante, junto con los conductores de control, de alimentación y derivados, sin requerir de barreras que separen los conductores.

**517-78. Protección contra daños y puesta a tierra.**

- a) **Partes de alta tensión.** Todas las partes de alta tensión eléctrica, incluyendo los tubos de rayos X, deben montarse en envoltente puestas a tierra. Se podrá usar aire, aceite, gas u otra sustancia aislante apropiada para aislar la alta tensión de la envoltente, chasis o cubierta metálica puesta a tierra. La conexión desde el transformador de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes de alta tensión, deberá hacerse con cables para alta tensión con pantalla puesta a tierra.
- b) **Cables de baja tensión.** Los aislamientos de los conductores y cables para baja tensión que conectan dispositivos, equipos y aparatos sumergidos en aceite y no

completamente sellados, tales como: transformadores, condensadores, enfriadores de aceite y desconectores de alta tensión, deben tener aislamiento de tipo resistente al aceite entre otras características.

- c) **Partes metálicas que no llevan corriente eléctrica.** Las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica del equipo de rayos X y del equipo asociado al mismo como consolas de controles, mesas, soportes de tubo de rayos X, tanque de transformadores, cables blindados, cabezales o envolventes para tubo de rayos X, etc., deben ser conectados a tierra como se especifica en el artículo 250 modificado sólo como se menciona en 517-13 (a) y (b).

### **517-160. Sistemas eléctricos aislados.**

#### **a) Instalaciones.**

- 1) **Circuitos eléctricos aislados.** Cada circuito eléctrico aislado debe controlarse por un desconector que tenga un polo para la desconexión en cada conductor de circuito aislado, para interrumpir simultáneamente toda la energía. El aislamiento puede lograrse por medio de uno o más transformadores que no tengan conexión eléctrica entre los devanados primario y secundario; por medio de conjuntos motor generador, o por medio de un sistema aislado de baterías.
- 2) **Características del circuito.** Los circuitos que alimenten los primarios de los transformadores de aislamiento deben operar a no más de 600 V entre conductores y deben tener una apropiada protección para sobrecorriente. La tensión eléctrica secundaria de tales transformadores no debe exceder de 600 V entre conductores de cada circuito. Todos los circuitos alimentados desde tales secundarios no deben ser puestos a tierra, y deben tener un dispositivo de protección por sobrecorriente aprobado de valor nominal adecuado para cada conductor. Los circuitos alimentados directamente desde las baterías o del conjunto motor generador no deben ser puestos a tierra, y deben protegerse por sobrecorriente de la misma manera que los circuitos secundarios alimentados del transformador. Sí existe una pantalla electrostática, debe conectarse al mismo punto de puesta a tierra de referencia.
- 3) **Ubicación del equipo.** Los transformadores de aislamiento, los conjuntos motor generador, las baterías y cargadores de baterías y los dispositivos por sobrecorriente asociados al primario o secundario, no deben instalarse en áreas peligrosas

(clasificadas). El alambrado del circuito secundario aislado que se extiende a áreas peligrosas (clasificadas) de anestesia, debe instalarse de acuerdo con lo indicado en la sección 501-4.

**4) Transformadores de aislamiento.** Un transformador de aislamiento no debe alimentar más de una sala de operación, excepto lo especificado en (a) y (b) siguientes. Para los propósitos de esta sección, se considera que las salas de inducción de anestesia son parte de la sala de operación o salas alimentadas por las salas de inducción.

**(a) Salas de inducción:** Si una sala de inducción alimenta más de una sala de operación, se permite que los circuitos aislados de la sala de inducción se alimenten desde el transformador de aislamiento de cualquiera de las salas de operación alimentadas por esa sala de inducción.

**(b) Alta tensión:** Se permite que los transformadores de aislamiento alimenten receptáculos sencillos en varias áreas de pacientes cuando:

**(1)** Los receptáculos estén reservados para alimentar equipos que necesiten 150 V o más, por ejemplo unidades de rayos X portátiles, y

**(2)** Los receptáculos y clavijas no sean intercambiables con los receptáculos del sistema local eléctrico aislado.

**5) Identificación de conductores.** Los conductores de un circuito aislado físicamente deben identificarse como sigue:

Conductor aislado físicamente 1 - naranja.

Conductor aislado físicamente 2 - café.

Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor debe identificarse con el color amarillo.

Donde los conductores del circuito aislado físicamente alimenten receptáculos monofásicos de 127 V, 15 A y 20 A, el conductor o conductores naranja se deben conectar a la terminal o terminales en el receptáculo que están identificados de acuerdo con la sección 200-10(b) para conexión al conductor del circuito puesto a tierra.

**6) Compuestos para el alambrado de los circuitos.** No deben usarse compuestos para el alambrado de los circuitos que incrementen la constante dieléctrica, en los conductores secundarios del suministro de los circuitos del sistema eléctrico aislado.

**NOTA 1:** Es recomendable limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 kVA o menos y usar aislamiento de conductores con baja corriente de fuga que satisfagan los requisitos de impedancia.

**NOTA 2:** Si se reduce al mínimo la longitud de los conductores del circuito derivado y se utilizan aislamientos de conductores con una constante dieléctrica menor que 3,5 y una resistencia de aislamiento correspondiente a una constante mayor que  $6\ 100\ \text{M}\Omega\text{-m}$  a  $16\ ^\circ\text{C}$ , se reduce la corriente de fuga de la línea a tierra, reduciéndose la corriente peligrosa.

**b) Monitor de aislamiento de línea.**

**1) Características.** Además de los dispositivos de control y de protección por sobrecorriente usuales, cada sistema eléctrico aislado debe estar provisto con un monitor de aislamiento de línea que opere continuamente para indicar la corriente peligrosa total. El monitor debe estar diseñado de tal manera que, mientras el sistema esté aislado de tierra en forma adecuada, permanezca encendida una lámpara señalizadora de color verde, que pueda verse fácilmente por las personas en cada área alimentada por el sistema eléctrico aislado. Cuando la corriente peligrosa total (que consiste en posibles corrientes de fuga resistivas y capacitivas) entre cualquier conductor aislado físicamente y tierra alcance un valor cercano a 5 mA, bajo condiciones de tensión eléctrica nominal, debe encenderse una lámpara señalizadora de color rojo y una alarma audible (remota si se desea). El monitor de línea no debe activarse la alarma para valores menores a 3,7 mA o para una corriente peligrosa total de menos de 5 mA.

**Excepción:** Se permite el diseño de un sistema que opere a un valor menor que el límite de la corriente peligrosa total. En un monitor de aislamiento de línea para tal sistema se permite reducir el valor, pero no debe ser menor que 35% del correspondiente límite de la corriente peligrosa total, y la corriente peligrosa total del monitor consecuentemente debe reducirse a no más de 50% del valor de alarma de la corriente peligrosa total.

**2) Impedancia.** El monitor de aislamiento de línea debe ser diseñado de modo que tenga impedancia interna suficiente para que, cuando se conecte apropiadamente al sistema aislado, la corriente máxima interna que pueda circular a través del monitor de

aislamiento de línea, debe ser de 1 mA, cuando haya algún punto del sistema aislado puesto a tierra.

**Excepción:** Se permite que el monitor de aislamiento de línea sea del tipo de baja impedancia, de tal manera que la corriente eléctrica a través de él, cuando cualquier punto del sistema aislado sea puesto a tierra, no exceda el doble del valor de alarma para un periodo no mayor que 5 ms.

**NOTA:** La reducción de corriente peligrosa del monitor, siempre y cuando esta reducción resulte en un incremento de valores de “no alarma” para la corriente peligrosa de falla, aumenta la capacidad del circuito.

**3) Ampérmetro.** En un lugar plenamente visible del monitor de aislamiento de línea, se debe conectar un ampérmetro calibrado a la corriente peligrosa total del sistema (Corriente peligrosa de falla más la corriente peligrosa del monitor), con la zona de “alarma situada” aproximadamente al centro de la escala.

**Excepción:** Se permite que el monitor de aislamiento físico de línea opere como una unidad compuesta, con una sección sensora cableada a un panel con pantalla separada, en la que estén ubicadas las funciones de alarma o prueba

**NOTA:** Se recomienda instalar el ampérmetro de modo que sea plenamente visible para todas las personas que haya en el lugar de aplicación de anestesia.

## 2. NORMA DE DISEÑO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL (IMSS).

### CAPÍTULO 2. “DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO”.

#### K) SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

- 1) Crear un ambiente cómodo, considerando no sólo la economía, sino también el arte y la tecnología.
- 2) Debe satisfacer tanto las necesidades ambientales como las funcionales.
- 3) Debe evitarse el aburrimiento y el agotamiento visual, producido por un ambiente estático y/o un nivel inadecuado de iluminación.
- 4) Se debe verificar que el inmueble a construir cuente con el por ciento de luz natural que marca el Nuevo Reglamento de Construcciones, para el D.F. con aplicación para toda la República.
- 5) El diseño de los luminarios a utilizar debe ser con las nuevas tecnologías eficaces al momento y aprobadas por el Instituto.

Área local	Nivel luminoso luxes							Fl	Inc	% Emergencia		% Reserva		Control		Observaciones
	50	100	200	300	400	600	Otro									
<b>TOCOCIRUGÍA</b>																
Consultorio de pediatría				X				X				50	50	X		30 x 122 cm.
Trabajo de enfermeras				X				X		100	50			X		30 x 122 cm.
Sala de espera			X					X				30			X	Completen. con ambiental.
Consultorio General				X				X		50	50				X	60 x 122 cm.
Sala de cirugía							<b>500</b>	X		100	100				X	
Férula					X			X				50	50	X		
Sala de expulsión							<b>500</b>	X		100	100				X	

## **CAPÍTULO 5. “SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AISLADO”.**

### **5.2 OBJETIVO.**

El presente capítulo establece las condiciones técnicas de diseño para evitar daños al paciente y personal médico.

### **5.3 CAMPO DE APLICACIÓN.**

Este capítulo se aplica en lugares de atención a la salud clasificados como locales húmedos, esto es, salas de cirugía y de expulsión, terapia intensiva y cuidados coronarios; en las unidades que construye, remodela y amplía el Instituto.

#### **1. SALA DE CIRUGÍA.**

- Se debe instalar un tablero de aislamiento por cada sala de cirugía.
- La capacidad del transformador del tablero debe ser de acuerdo a las cargas específicas por servir, este valor no debe exceder de 10 kVA.
- El tablero debe ubicarse fuera de la sala, en el muro de la circulación gris lo más cercano a las cargas por servir, y donde en todo momento el monitor de aislamiento de línea sea visible.
- En cada sala se deben instalar dos módulos de receptáculos que incluyan entradas para puesta a tierra, uno en el muro a la cabecera de la mesa quirúrgica (área del anesthesiólogo) instalado a 0,40 m SNPT y el otro ubicado estratégicamente sobre la mesa quirúrgica en columna fija suspendida de la losa, con extensiones retráctiles.
- La capacidad del transformador del tablero de aislamiento debe ser de acuerdo a las cargas específicas por servir, este valor no debe exceder de 25 kVA.
- El tablero debe instalarse en el muro de la circulación del área gris lo más cercano a los receptáculos que alimenta.
- En cada sala se debe instalar un receptáculo junto a la puerta de acceso al área gris y a una altura de 1,60mS.N.P.T.
- El tablero debe contar con un sistema automático de energización, de tal manera que al usar un módulo de receptáculos de Rx en una sala de cirugía determinada, este módulo se energice dejando los otros circuitos bloqueados.
- El diseñador debe identificar y coordinar con la oficina de instalaciones eléctricas las áreas clasificadas como locales húmedos y su aplicación de anestesia por inhalación.

## **2. SALA DE EXPULSIÓN.**

- Se debe instalar un tablero de aislamiento por cada dos salas de expulsión.
- La capacidad del transformador del tablero debe ser de acuerdo a las cargas específicas por servir, este valor no debe exceder de 10 kVA.
- El tablero debe ubicarse fuera de la sala en el muro de la circulación gris lo más cercano a las cargas por servir, y donde en todo momento el monitor de aislamiento de línea sea visible.
- En cada sala se debe instalar un módulo de receptáculos que incluya entradas para puesta a tierra, localizado estratégicamente dentro de la misma, a una altura de 0,40 m SNPT.

## **3. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-197-SSA1-2000, Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.**

### **1. Objetivo.**

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de infraestructura y de equipamiento para los hospitales y consultorios que presten atención médica especializada.

### **2. Campo de Aplicación.**

Esta Norma Oficial Mexicana es obligatoria para todos los hospitales de los sectores público, social y privado, cualquiera que sea su denominación, que realicen internamiento de enfermos para la ejecución de los procesos de diagnóstico, tratamiento médico o quirúrgico, o rehabilitación y para los consultorios que presten atención médica especializada.

## **6. HOSPITALES.**

### **6.3. Tratamiento.**

**6.3.1.3.** La sala de operaciones, considerada área blanca, debe tener curvas sanitarias en los ángulos de la infraestructura, que faciliten cumplir con los requisitos de asepsia, iluminación general y especial con proyección a los posibles campos quirúrgicos y ventilación artificial, que promueva una presión positiva. Reloj con segundero. Enchufes

grado hospital. Las puertas deben tener mirillas y de preferencia abrir en una sola dirección. En los casos de que se realicen cesáreas, deben existir los insumos necesarios para la atención del recién nacido, que se describen en la unidad de tococirugía.

**6.3.1.16.** El listado de mobiliario y equipamiento con que debe contar se especifica en el apéndice normativo "H".

### **6.3.2. Unidad de tocología.**

**6.3.2.6.** La sala de expulsión debe tener lo indispensable para la atención del parto, conforme a lo establecido en el apéndice normativo "I", e incluir un área para la atención inmediata y reanimación del recién nacido, con los requerimientos básicos para la limpieza del producto, asepsia ocular, registro de somatometría e identificación.

### **6.3.3. Unidad tocoquirúrgica.**

**6.3.3.1.** Debe ubicarse cercana del área de labor.

**6.3.3.2.** Debe contar con una o varias salas de operaciones, que incluyan la infraestructura y el equipo necesario para las actividades quirúrgicas y para la atención del recién nacido, así como, contar con área de recuperación postanestésica.

**6.3.3.5.** El listado de mobiliario y equipamiento con que debe contar se especifica en el apéndice normativo "J".

**Apéndice normativo "H" Unidad quirúrgica.**

<b>SALA DE OPERACIONES</b>
<b>MOBILIARIO</b>
Asiento giratorio
Asiento giratorio con respaldo
Banqueta de altura
Bote para RPBI (bolsa roja)
Bote para basura tipo municipal (bolsa de cualquier color excepto rojo o amarillo)
Bote para RPBI (bolsa amarilla)
Brazo giratorio
Mesa carro anestesiólogo
Mesa Mayo
Mesa quirúrgica
Mesa riñón
Mesa transportadora de material
Portacubeta rodable
Portalebrillo doble
Recipiente rígido para punzocortantes
Riel portavenocclisis
<b>EQUIPO</b>
Aspirador de succión regulable (2)
Equipo básico para anestesia (1)(2) (Ver NOM-170-SSA1-1998)
Estetoscopio
Esfigmomanómetro (1)(2)
Lámpara de emergencia portátil (2)
Lámpara sin sombras para cirugía (2)
Monitor de signos vitales: ECG, presión arterial no invasivo, temperatura, oxímetro (1)(2)
Negatoscopio

Reloj para quirófano con segundero
Portavenoclisis rodable
Unidad electroquirúrgica (2)

**Apéndice normativo "I" Tocología.**

<b>SALA DE EXPULSIÓN.</b>
<b>MOBILIARIO</b>
Asiento giratorio
Asiento giratorio con respaldo
Banqueta de altura
Bote para RPBI (bolsa amarilla)
Recipiente cerrado para desinfección de instrumental usado
Mesa de apoyo para atención del recién nacido
Mesa Mayo
Mesa para atención obstétrica
Mesa Pasteur
Recipiente rígido para punzocortantes
Riel portavenoclisis
<b>EQUIPO</b>
Aspirador portátil para succión regulable (2)
Báscula pesa bebés (1)(2)
Equipo básico para anestesia (1)(2)
Lámpara para emergencias portátil (2)
Lámpara de haz dirigible
Mesa carro anestesiólogo
Reloj de pared eléctrico y de pilas
Resucitador para recién nacidos, balón, válvula y mascarilla (2)
Portavenoclisis rodable

**Apéndice normativo "J" Tococirugía.**

<b>SALA DE OPERACIONES</b>
<b>MOBILIARIO</b>
Asiento giratorio
Asiento giratorio con respaldo
Banqueta de altura
Bote para RPBI (bolsa amarilla)
Bote para RPBI (bolsa roja)
Bote para basura tipo municipal (bolsa de cualquier color excepto rojo o amarillo)
Brazo giratorio
Cubeta 12 litros (bolsa amarilla)
Mesa carro anestesiólogo
Mesa Mayo
Mesa quirúrgica
Mesa riñón
Mesa transportadora de material
Portacubeta rodable
Portalebrillo doble
Riel portavenoclisis
<b>EQUIPO</b>
Aparato para cortes, coagulación y fulguración(2)
Aspirador de succión regulable (2)
Equipo básico para anestesia (1)(2)
Equipo móvil de Rayos X (1)(2)
Estetoscopio
Esfigmomanómetro (1)(2)
Lámpara para emergencias portátil (2)
Lámpara doble para cirugía
Monitor de signos vitales: ECG, presión arterial no invasivo, temperatura, oxímetro (1)(2)
Negatoscopio
Reloj con segundero para sala de operaciones
Portavenoclisis rodable

# Apéndice C Tablas Normativas.

**Tabla 310-16.** Factores de corrección por temperatura (f.t.).

Temperatura ambiente ° C	Temperatura nominal del conductor de cobre .		
	60°C	75°C	90°C
30	1.0	1.0	1.0
31 – 35	<b>0.91</b>	0.94	0.96
36 – 40	0.82	0.88	0.91
41 – 45	0.71	0.82	0.87
46 – 50	0.58	0.75	0.82
51 – 55	0.41	0.67	0.76

**Tabla 310-16.** Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60° C a 90° C. No más de tres conductores activo en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30° C.

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS, THWN* XHHW*,TT	TIPOS RHH* RHW-2, RHHN* THHW* THHW-LS, THW-2* XHHW* XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW* XHHW* BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	—	—	14	—	—	—	18
1,307	—	—	18	—	—	—	16
2,082	20*	<b>20*</b>	25*	—	—	—	<b>14</b>
3,307	25*	<b>25*</b>	30*	—	—	—	<b>12</b>
5,26	30	<b>35*</b>	40*	—	—	—	<b>10</b>
8,367	40	<b>50</b>	55	—	—	—	<b>8</b>
13,3	55	<b>65</b>	75	40	50	60	<b>6</b>
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0

**Tabla 310-16 (Continuación).** Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60° C a 90° C. No más de tres conductores activo en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30° C.

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS TW*, TWD*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000

**Tabla 2.** Propiedades de los conductores.

<b>RESISTENCIA ELÉCTRICA CA, REACTANCIA INDUCTIVA E IMPEDANCIA PARA CABLES DE 600V OPERADOS A 75 °C EN UN SISTEMA TRIFÁSICO A 60 HZ: 3 CABLES UNIPOLARES EN UN MISMO DUCTO.</b>								
<b>Calibre AWG cmil</b>	<b>Ohms (Ω)/Km al neutro.</b>							
	<b>Reactancia inductiva. X<sub>l</sub>.</b>		<b>Resistencia a CA para conductores de Cu, 75°C, 60 Hz.</b>			<b>Resistencia a CA para conductores de Al, 75°C, 60 Hz.</b>		
	<b>Ducto de PVC o AL.</b>	<b>Conduit de acero</b>	<b>Ducto de PVC</b>	<b>Conduit de Aluminio</b>	<b>Conduit de acero.</b>	<b>Ducto de PVC</b>	<b>Conduit de Aluminio</b>	<b>Conduit de acero.</b>
	<b>14</b>	0,190	<b>0,240</b>	10	10	<b>10</b>	-	-
<b>12</b>	0,177	<b>0,223</b>	6,6	6,6	<b>6,6</b>	10	10	10
<b>10</b>	0,164	<b>0,207</b>	3,9	3,9	<b>3,9</b>	6,6	6,6	6,6
<b>8</b>	0,171	<b>0,213</b>	2,6	2,6	<b>2,6</b>	4,3	4,3	4,3
<b>6</b>	0,167	<b>0,210</b>	1,6	1,6	<b>1,6</b>	2,7	2,7	2,7
4	0,157	0,197	1,0	1,0	1,0	1,7	1,7	1,7
3	0,154	0,194	0,82	0,82	0,82	1,8	1,9	1,9
2	0,148	0,187	0,62	0,66	0,66	1,0	1,0	1,0
1	0,151	0,187	0,49	0,52	0,52	0,82	0,85	0,82
1/0	0,144	0,180	0,39	0,43	0,39	0,66	0,69	0,66
2/0	0,141	0,177	0,33	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52
3/0	0,138	0,171	0,25	0,27	0,26	0,43	0,43	0,43
4/0	0,135	0,167	0,20	0,22	0,21	0,33	0,36	0,33
250	0,135	0,171	0,17	0,19	0,18	0,28	0,30	0,28
300	0,135	0,167	0,14	0,16	0,15	0,23	0,25	0,24
350	0,131	0,164	0,12	0,14	0,13	0,20	0,22	0,21
400	0,131	0,161	0,11	0,12	0,11	0,18	0,19	0,18
500	0,128	0,157	0,089	0,10	0,095	0,14	0,16	0,15
600	0,128	0,157	0,075	0,092	0,082	0,12	0,13	0,12
750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,095	0,11	0,10
1000	-	-	-	0,062	-	-	0,089	-

**Tabla 250-95.** Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082(14)	—
<b>20</b>	<b>3,307(12)</b>	—
<b>30</b>	<b>5,26(10)</b>	—
<b>40</b>	<b>5,26(10)</b>	—
60	5,26(10)	—
100	8,367(8)	13,3(6)
200	13,3(6)	21,15(4)
300	21,15 (4)	33,62(2)
400	33,62(2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3(350)
2000	126,7(250)	202,7(400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7(400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37(800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

**Tabla 10-4.** Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10).

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm <sup>2</sup> .	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>		
			Un conductor fr=53%	Dos conductores fr=31%	Más de dos conductores. fr=40%
16 (1/2´´)	15,8	196	103	60	78
<b>21 (3/4´´)</b>	20,9	344	181	106	<b>137</b>
<b>27 (1´´)</b>	26,6	557	294	172	<b>222</b>
<b>35 (1-1/4´´)</b>	35,1	965	513	299	<b>387</b>
41 (1-1/2´´)	40,9	1313	697	407	526
53 (2´´)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2´´)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3´´)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2´´)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4´´)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5´´)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6´´)	154,1	18639	9879	5778	7456

**Tabla 10-5.** Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos.

Tipo (aislamiento)	Tamaño nominal		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
<b>Tipos: AFF, FFH - 2, RFH-1, RFH-2, RH, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, XF, XFF</b>				
RFH-2, FFH-2	0,8235	18	3,45	9,44
	1,307	16	3,76	11,1
RH	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
RHW-2, RHH, RHW, RH, RHH, RHW, RHW-2	2,082	14	4,90	18,9
	3,307	<b>12</b>	5,38	<b>22,8</b>
	5,26	<b>10</b>	5,99	<b>28,2</b>
	8,367	<b>8</b>	8,28	<b>53,9</b>
	13,3	<b>6</b>	9,25	<b>67,2</b>
	21,15	4	10,5	86,0
	26,67	3	11,2	98,1
	33,62	2	12,0	113
	42,41	1	14,8	172
	53,48	1/0	15,8	196
	67,43	2/0	16,97	226,13
	85,01	3/0	18	263
	107,2	4/0	19,8	307
	126,67	250	22,7	406
	152,01	300	24,1	457
	177,34	350	25,4	508
	202,68	400	26,6	557
	253,35	500	28,8	650
	304,02	600	31,6	783
	354,69	700	33,4	875
380,03	750	34,2	921	
405,37	800	35,1	965	
456,04	900	36,7	1057	
506,71	1000	38,2	1143	
633,39	1250	43,9	1515	
760,07	1500	47,0	1738	
886,74	1750	49,9	1959	
1013,42	2000	52,6	2175	
SF-2, SFF-2	0,8235	18	3,07	7,42
	1,307	16	3,38	8,97
	2,082	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,8235	18	2,31	4,19
RFH-1, AF, XF, XFF	0,8235	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,307	16	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,082	14	3,38	8,97

**Tabla 10-5 (Continuación 1).** Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos.

Tipo (aislamiento)	Tamaño nominal		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
<b>Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN.TFFN, THWN, THWN-2, XF.XFF</b>				
RHH*, RHW*, RHW-2*, AF, XF, XFF, RHH*, RHW*, RHW-2*	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
	5,26	10	5,23	21,5
	8,367	8	6,76	35,9
TW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THW-2	2,082	14	3,38	8,97
	3,307	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,367	8	5,99	28,2
TW, THW, THW-LS, THHW, THHW-LS, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	13,3	6	7,72	46,8
	21,15	4	8,94	62,8
	26,67	3	9,65	73,2
	33,62	2	10,5	86,0
	42,41	1	12,5	123
	53,48	1/0	13,5	143
	67,43	2/0	14,7	169
	85,01	3/0	16,0	201
	107,2	4/0	17,5	240
	126,67	250	19,4	297
	152,01	300	20,8	341
	177,34	350	22,1	384
	202,68	400	23,3	427
	253,35	500	25,5	510
	304,02	600	28,3	628
	354,69	700	30,1	710
	380,03	750	30,9	752
	405,37	800	31,8	792
	456,04	900	33,4	875
	506,71	1000	34,8	954
633,39	1250	39,1	1200	
760,07	1500	42,2	1400	
886,74	1750	45,1	1598	
1013,42	2000	47,8	1795	
TFN, TFFN	0.8235	18	2.13	3.55
	1,307	16	2,44	8,58
THHN, THWN, THWN-2	2,082	14	2,82	6,26
	3,307	12	3,30	8,58
	5,26	10	4,17	13,6
	8,367	8	5,49	23,6
	13,3	6	6,45	32,7
	21,15	4	8,23	53,2
	26,67	3	8,94	62,8
	33,62	2	9,75	74,7
	42,41	1	11,3	100
	53,48	1/0	12,3	120
	67,43	2/0	13,5	143
	85,01	3/0	14,8	173
	107,2	4/0	16,3	209

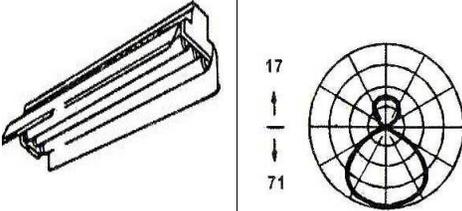
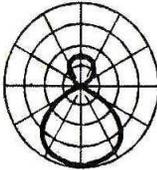
**Tabla 10-5 (Continuación 2).** Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos.

Tipo (aislamiento)	Tamaño nominal		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
<b>Tipos: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFF, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZF, ZFF</b>				
THHN, THWN, THWN-2	177,34	350	20,8	338
	202,68	400	21,9	378
	253,35	500	24,1	456
	304,02	600	26,7	560
	354,69	700	28,	638
	380,03	750	29,4	677
	405,37	800	30,2	715
	456,04	900	31,8	794
	506,71	1000	33,3	870
PF, PGFF, PGF, PFF, PTF, PAF, PTFF, PAFF	0,8235	18	2,18	3,74
	1,307	16	2,49	4,84
PF, PGFF, PGF, PFF, PTF, PAF, PTFF, PAFF, TFE, FEP, PFA, FEPB, PFAH	2,082	14	2,87	6,45
TFE, FEP, PFA, FEPB, PFAHI	3,307	12	3,35	8,84
	5,26	10	3,96	12,3
	8,367	8	5,23	21,5
	13,3	6	6,20	30,2
	21,15	4	7,42	43,3
	26,67	3	8,13	51,9
	33,62	2	8,94	62,8
<b>Tipos: PAF, PFAH, TFE, Z, ZF, ZFF</b>				
TFE, PFA, PFAH, Z	42,41	1	10,7	90,3
	53,48	1/0	11,7	108
	67,43	2/0	12,9	131
	85,01	3/0	14,2	159
	107,2	4/0	15,7	194
ZF, ZFF	0,8235	18	1,93	2,90
	1,307	16	2,24	3,94
Z, ZF, ZFF	2,082	14	2,62	5,35
	3,307	12	3,10	7,55
	5,26	10	3,96	12,3
	8,367	8	4,98	19,50
	13,3	6	5,94	27,7
	21,15	4	7,16	40,3
	26,67	3	8,38	55,2
	33,62	2	9,19	66,4
	42,41	1	10,21	81,9

**Tabla 10-5 (Continuación 3).** Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos.

Tipo (aislamiento)	Tamaño nominal		Diámetro Aprox. mm	Área Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
<b>Tipos: XHH, XHHW, XHHW-2, ZW</b>				
XHH, ZW, XHHW-2, XHH	2,082	14	3,38	8,97
	3,307	12	3,86	11,68
	5,26	10	4,47	15,68
	8,367	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06
	21,15	4	8,18	52,52
	26,67	3	8,89	62,06
XHHW, XHHW-2, XHH	33,62	2	9,70	73,94
	42,41	1	11,23	98,97
	53,48	1/0	12,24	117,74
	67,43	2/0	13,41	141,29
	85,01	3/0	14,73	170,45
	107,2	4/0	16,21	206,26
	126,67	250	17,91	251,87
	152,01	300	19,30	292,64
	177,34	350	20,60	333,29
	202,68	400	21,79	373,03
	253,35	500	23,95	450,58
	304,02	600	26,75	561,87
	354,69	700	28,55	640,19
380,03	750	29,41	679,48	
405,37	800	30,23	1362,71	
456,04	900	31,85	796,84	
<b>Tipos: KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW-2, ZW</b>				
XHHW, XHHW-2, XHH	506,71	1000	33,3	872,19
	633,39	1250	37,6	1108
	760,07	1500	40,7	1300
	886,74	1750	43,6	1492
	1013,42	2000	46,3	1682
KF-2, KFF-2	0,8235	18	1,60	2,00
	1,307	16	1,91	2,84
	2,082	14	2,29	4,13
	3,307	12	2,77	6,00
	5,26	10	3,38	8,97
KF-1, KFF-1	0,8235	18	1,45	1,68
	1,307	16	1,75	2,39
	2,082	14	2,13	3,55
	3,307	12	2,62	5,35
	5,26	10	3,23	8,19

**Tabla 11.** Coeficientes de utilización de luminario fluorescente categoría II, empleado en el quirófano y la sala de expulsión.

LUMINARIO	DISTRIBUCIÓN	SEPARACIÓN NO SUPERIOR A	REFLECTANCIA.										
			CAVIDAD DEL TECHO	80 %			50%			10%			0 %
			Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL			COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN										
<b>CATEGORÍA II</b>  LÁMPARAS T-12- CUALQUIER CARGA -PARA LÁMPARAS T- 10 C.U. X 1.03	 17 ↑ ↓ 71	1, 3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,80	8,50	8,10	7,70	7,50	7,30	6,50	6,40	6,20	5,90
			2	7,70	7,10	6,70	6,80	6,40	6,00	5,70	5,50	5,30	5,00
			3	6,80	6,10	5,60	6,00	5,50	5,10	5,10	4,80	4,50	4,20
			4	6,00	5,30	4,70	5,30	4,80	4,30	4,50	4,20	3,80	3,60
			5	5,30	4,50	4,00	4,70	4,10	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00
			6	4,70	3,90	3,40	4,20	3,60	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60
			7	4,20	3,40	2,70	3,80	3,10	2,70	3,20	2,80	2,40	2,20
			8	3,80	3,00	2,50	3,40	2,80	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90
			9	3,40	2,50	2,20	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60
			10	3,10	2,40	1,90	2,60	2,20	1,80	2,40	1,90	1,60	1,40



## *Bibliografía.*

**Análisis de circuitos en ingeniería.** William H. Hayt, Jr. Jack E. Kemmerly.  
Ed. McGraw Hill, 1993.

**Catálogo compendiado “Tableros de aislamiento para hospitales”.** Square D, Schneider Electric. 2007.

**Effects of current on human beings and livestock. Part 1, General aspects.** International Electrotechnic Commission CEI/IEC 479-1: 1994 Third edition 1994-09.

**Electricidad.** Hayden Book Company, Inc. Harry Mileaf. Ed. Limusa, Grupo Noriega editores, 1992.

**Lighting handbook.** Westinghouse, Bloomfield, New Jersey U.S.A. Ed. DOSSAT, S.A.

**Normas de diseño de ingeniería electromecánica.** Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Coordinación de construcción, conservación y equipamientos, División de proyectos.

**Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE- 2005, Instalaciones eléctricas (utilización).** Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE). Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía.

**Norma Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000, “Requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.** Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario de la Secretaría de Salud.