

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA



TRABAJO DE GRADUACION

**SEGURIDAD ELECTRICA Y GASES MEDICINALES
EN AREAS CRITICAS HOSPITALARIAS. DISEÑO
E IMPLEMENTACION DE UN ANALIZADOR
DE SEGURIDAD ELECTRICA**

PRESENTADO POR

ELMER ULISES SOTO QUINTEROS

PREVIA OPCION AL TITULO DE:

**INGENIERO EN ELECTRONICA.
ESPECIALIDAD BIOMEDICA.**

NOV. DE 1991

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

AGRADECIMIENTOS

Doy Gracias a la Santísima Trinidad por haberme bendecido en cada instante de mi carrera y saber que ellos estaban siempre junto a mí en cualquier instante de mi vida.

A mi Padre (Q.D.D.G) a mi Madre por brindarme todo el apollo moral y espiritual que necesité para poder coronar mi sueño más anhelado.

Además a todos aquellos Amigos y Compañeros que en una ú otra forma hicieron posible la finalización de este Proyecto que se inició cinco años atrás y poder lograr esta meta.

Y en forma muy especial a Departamento de UBMED de la Compañía SIEMENS, tanto Ingenieros, Técnicos y Secretarias. Los cuales confiaron en mí hasta en el último momento.

¡ ¡ GRACIAS A TODOS ! !

ELMER

EXTRACTO

"Seguridad Eléctrica y Gases Medicinales en Areas Críticas Hospitalarias. Diseño e Implementación de un Analizador de Seguridad Eléctrica"

POR:

Elmer Ulises Soto Quinteros

En los hospitales modernos es necesario hoy en día una rigurosa monitorización de todo tipo de parámetros en especial los relacionados a la seguridad del paciente y de los que manejan los diferentes equipos.

En este documento se presenta lo más importante en lo que se trata a Seguridad Eléctrica y de Gases en Areas Críticas de un hospital.

Primeramente se presenta la teoría básica de Ambiente Hospitalario, su división y áreas que todo hospital debe poseer com mínimo.

CONTENIDO

Capítulo 1

1.1. "Organización de los Hospitales"

- 1.1.1. Departamento Médico
- 1.1.2. Departamento de Cirugía
- 1.1.3. Departamento de Mantenimiento

1.2. "Efecto Fisiológico de la Corriente Eléctrica en el Cuerpo Humano"

- 1.2.1. Umbrales de Percepción de la
Corriente Eléctrica 13
- 1.2.2. Fibrilación 16

1.3. "Riesgos Eléctricos en el Ambiente Hospitalario"

- 1.3.1. Macroshock 24
- 1.3.2. Microshock 26
- 1.3.3. Riesgos de Quemaduras 32

1.3.4. Riesgos por Explosión y/o Quemaduras	38
1.4. "Áreas Hospitalarias"	
1.4.1. Localidad del Sistema de Energía	48
1.4.2. Área de Anestesia	49
1.4.3. Área de Cuidados Críticos	52
1.4.4. Área de Cuidados Generales	52
1.4.5. Áreas Húmedas	53
1.4.6. Áreas Auxiliares	53
1.4.7. Área de Cuidados Ambulatorios	54

Capítulo 2

2.1. "Subestaciones Eléctricas y Sistemas Eléctricos de Emergencia, Aplicaciones en Hospitales"	
2.1.1. Sistemas Eléctricos	56
2.1.2. Sistema Primario de Energía Eléctrica	59
2.1.3. Sistema de Equipos	63

2.2. "Requerimientos para el Suministro de Energía Eléctrica a un Hospital"

2.2.1. Subestaciones Eléctricas	64
2.2.2. Circuitos Ramales	73
2.2.3. Central de Transferencia (Automático-Manual)	74
2.2.4. Elementos de Protección	89.

Capítulo 3

3.1. "Recomendaciones Normativas para Instalaciones Eléctricas en Areas Críticas Hospitalarias. Condiciones de Seguridad"

3.1.1. Conceptos de Ambiente Hospitalario	107
---	-----

3.2. "Conceptos Eléctricos Fundamentales"

3.2.1. Fuente de Energía Eléctrica de Emergencia	115
3.2.2. Corta Circuito	116
3.2.3. Sistema Anti-Explosivo	116

3.2.4. Circuito Interruptor de Falla	
a Tierra	116
3.2.5. Sobrecorriente	117
3.2.6. Sobrecargas	117
3.2.7. Centro de Carga	117
3.2.8. Ramal Crítico	118
3.2.9. Sistema de Conexión a Tierra	
(Tierra Médica)	118
3.2.10. Corrientes de Fuga	118
3.2.11. Corrientes de Falla	119
3.2.12. Sistema de Energía Aislada	119
3.2.13. Transformadores de Aislamiento	120
3.2.14. Monitores de Aislamiento de	
Líneas (LIM)	121
3.2.15. Sistema de Alimentación de	
Continuidad Absoluta	122
3.2.16. Sistema de Emergencia	122
3.2.17. Sistema de Equipo	123
3.2.18. Sistemas Eléctricos Esenciales	123
3.2.19. Ramal de Protección de la Vida	124
3.2.20. Ramal de Defensa de la Vida	124
3.3. " Abreviaturas para el Área Eléctrica"	125

3.4.	"Normas para Subestaciones Hospitalarias"	126
3.5.	"Los Transformadores"	130
3.6.	"Interruptores de Transferencia Automática y Manual"	130
3.7.	"Normas para Áreas de Quirófanos"	133
3.8.	"Áreas de Recuperación"	137
3.9.	"Área de Cuidados Intensivos"	138
3.10.	"Panel de Aislamiento y Cableado Eléctrico de Áreas Críticas"	143
3.11.	"Factores Generales que Deben Considerarse Cuando se Analiza la Seguridad Eléctrica"	157
3.12.	"Iluminación Eléctrica"	159

Capítulo 4

4.1. "Recomendaciones Normativas para Instalaciones de Gases Medicinales en Areas Críticas Hospitalarias. Condiciones de Seguridad"

4.1.1. Introducción 164

4.2. "Características" 165

4.3. "Manejo de Gases"

4.3.1. Tipo Cilindro de Almacenamiento 168

4.3.2. Manejo y Cuidado de Cilindros 169

4.4. "Gases Medicinales"

4.4.1. Distribución de los Gases 182

4.4.2. Instalación de Tuberías 183

4.4.3. Centrales 185

4.4.4. Sistema de Aire Comprimido 189

4.4.5. Sistema de Vacío para Hospital 199

4.4.6. Regulación

4.5. "Normas en Instalaciones de Gases Médicos"

4.5.1. Definiciones	204
4.5.2. Abreviaturas	211
4.5.3. Normas de Seguridad	212
4.5.4. Sistema de Tubería para Gases Medicinales no inflamables	226

Capítulo 5

5.1. "Diseño e Implementación de un Analizador de Seguridad Eléctrica"

5.2. "Introducción" 252 |

5.3. "Seguridad General" 253 |

5.4. "Analizador de Seguridad Eléctrica"

5.4.1. Interruptores Diferenciales (COELB) 256 |

5.4.2. Analizador de Seguridad Eléctrica 258 |

5.5. "Diseño del Analizador de Seguridad Eléctrica"

5.5.1. Rangos de Medición y Cálculo de

Diseño 262

Capítulo 6

6.1. "Analizador de Seguridad Eléctrica"

6.1.1. Introducción 276

6.1.2. Descripción 276

6.2. "Operación"

6.2.1. Introducción 279

6.2.2. Primera parte a analizar en un ambiente
hospitalario 279

6.2.3. Razones 280

6.2.4. Prueba de los Receptáculos de Energía . 281

6.2.5. Prueba de Resistencia de Línea 281

6.2.6. Medición de la corriente de fuga 283

PREFACIO

El objeto de éste Trabajo de Graduación, es proporcionar a los usuarios de los Centros Hospitalarios una mayor seguridad y a la vez confiabilidad al saber que estos Centros han Optado por Mejorar su Seguridad tanto en el Uso como en el Manejo de los Equipos e Instalaciones Médicas.

Se presenta la Teoría Básica sobre los Ambientes Hospitalarios y se dan las Normas para su Mayor Funcionamiento y Seguridad.

En el desarrollo de ésta Tesis, muchas personas colaboraron en forma desinteresada para llegar al término de ésta. Deseo hacer un Reconocimiento Especial a mi Asesor ING. SALVADOR JUAREZ por su dedicación é interes, además por proporcionarme sus conocimientos y textos para la realización del Documento; Agradezco al ING. OSCAR WENCESLAO RIVAS por proporcionarme todo su conocimiento y tiempo para la realización del Diseño del Analizador de Seguridad Eléctrica, y ING. GIRON del Hospital de Especialidades por darme su confianza y tiempo.

C A P I T U L O N º 1

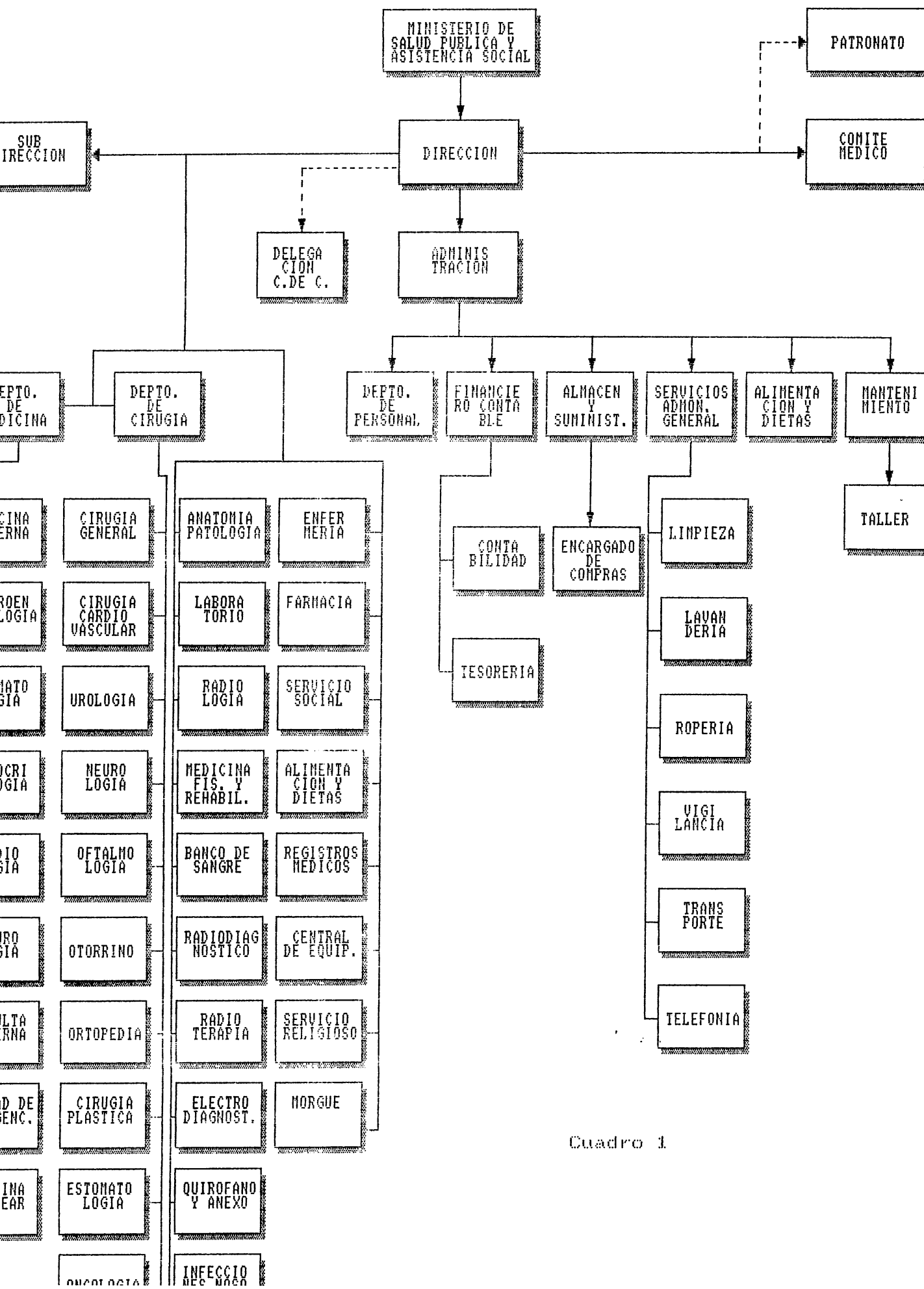
1.1. ORGANIZACION DE LOS HOSPITALES

Los Hospitales son instituciones que pueden pertenecer a organismos del Estado, Instituciones Privadas o algunos otros organismos de ayuda.

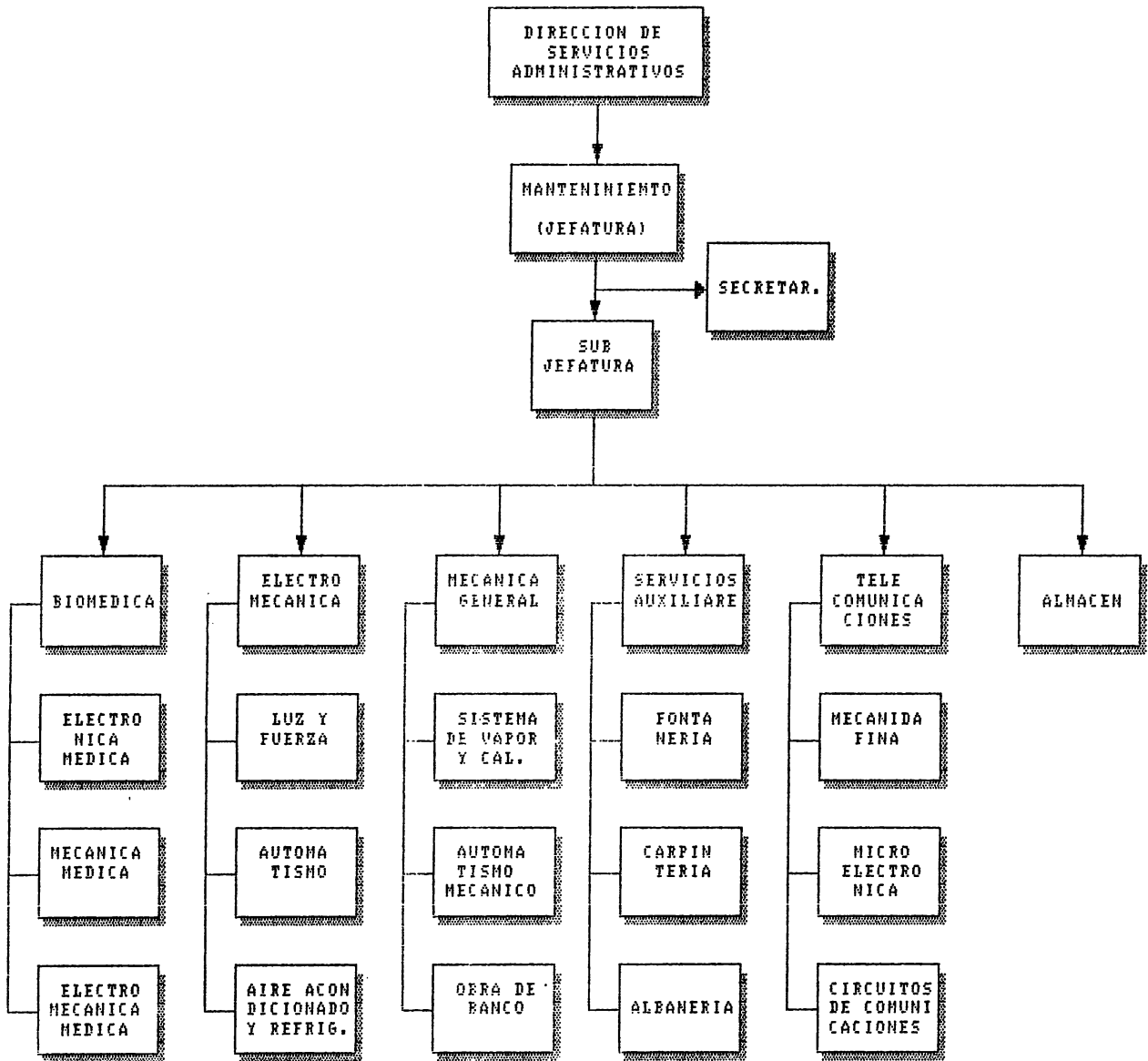
En los dos primeros casos casi siempre hay un consejo directivo el cual es el encargado de estudiar y crear los lineamientos del hospital, siendo el director(a) el encargado de ejecutarla, con la ayuda de su personal.

La gran variedad en el tamaño y complejidad de los hospitales hace imposible establecer un tipo fijo de organización, pero es indiscutible que todos los hospitales tienen como misión y fin primordial la atención de enfermos y por lo tanto acatar las normas de la organización funcional.

A fin de poder explicar lo concerniente a los hospitales tomaremos como ejemplo el organigrama del Hospital Rosales, perteneciente al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (Cuadro 1.1).



Cuadro 1



Cuadro 4.2

Los hospitales representan un moderno y dinámico ambiente, el cual es utilizado para las áreas de: Ginecología, Obstetricia, Oncología, etc.

Este organigrama muestra en forma directa la dependencia del Hospital Rosales con el MSPAS, por medio de la dirección y a su vez de la administración, tanto esta como la dirección se dedican a lo relacionado con funciones administrativas y relaciones con otros hospitales

De la dirección dependen dos grandes secciones que son:

- 1.- Departamento Médico
- 2.- Departamento de Cirugía

Estos dos departamentos, tienen a su cargo directamente la atención de los enfermos, por medio de subsecciones que son:

1.1.1. Departamento Médico

Medicina Interna, Gastroenterología, Dermatología
Endocrinología, Cardiología, Neurología, Consulta
Externa, Unidad de Emergencia y Medicina Nuclear.

1.1.2. Departamento de Cirugía

Cirugía General, Cirugía Cardiovascular, Urología Neurología, Oftalmología, Otorrino, Ortopedia, Cirugía Plástica, Estomología y Oncología.

A su vez existen otras secciones que dependen de la dirección del Hospital Rosales, algunas de ellas son : Anatomía Patológica, Laboratorio, Radiología, etc. En dicho organigrama se presentan las demás sub-secciones que involucran otras áreas de los Hospitales.

La Administración posee a su cargo los departamentos de :

a. Personal, Financiero Contable

Tiene a su cargo la Contabilidad del hospital, en esta sección se encuentra tesorería siendo el responsable de pagos de productos de doctores, y personal adjunto al hospital

b. Almacén y Suministros

Es el encargado de la adquisición de productos necesarios al hospital.

c. Servicios Administrativos Generales

Tiene a su cargo la limpieza, lavandería, ropería, vigilancia, transporte y telefonía

d. Alimentación y Dieta

Departamento encargado de proporcionar la debida alimentación a pacientes y personal que labora en el hospital.

e. Departamento de Mantenimiento y Taller

Se expondrá en forma más clara por medio de un organigrama patrón, siendo éste el del Hospital de Especialidades, perteneciente al MSPAS de nuestro país. (Cuadro 2.2).

Inicialmente se tiene la Dirección de Servicios Administrativos (DSA); esta rinde información únicamente al Consejo de Directores formado por Doctores y Personería Jurídica. La DSA es la encargada del manejo total del hospital.

1.1.3. Departamento de Mantenimiento

En esta etapa se encuentra la jefatura. Se encarga de inspeccionar y adjudicar los trabajos realizados por cada sección del departamento. El Departamento de Mantenimiento es el vínculo entre el equipo, construcción, limpieza, etc. con la DSA. Proporcionando los informes pertinentes al caso.

* Subjefatura y Secretaría

Son partes auxiliares de la jefatura, proporcionando una ayuda en el área de control, área administrativa y archivo de documento o información.

El Departamento y Mantenimiento del Hospital de Especialidades, tiene secciones que a su vez poseen subsecciones, a fin de tener una mayor efectividad en la realización del trabajo.

a. Biomédica

Esta sección es la encargada de proporcionar servicios de mantenimiento, preventivo o correctivo, instalaciones y capacitación al personal operario.

Esta sección se divide en :

a.1. Electrónica Médica

Se encarga por completo del equipo electrónico, como es el caso de los electroencefalógrafos, electrocardiógrafos, electroestimuladores, etc.

a.2. Electromecánica

Se encarga de la reparación de equipos eléctricos y mecánicos, como son los - servosventiladores, los autoclaves electrónicos, etc.

a.3. Mecánica Médica

Son equipos de funcionamiento mecánico tales como : autoclaves, ventiladores, esterelizadores, etc.

b. Electromecánica

Es importante en el área de mantenimiento, necesitando una mano de obra calificada.

Esta sección tiene a su cargo las plantas de emergencia, climatización y tendido de cables eléctricos, ya sea de baja ó alta tensión.

c. Mecánica General

Posee las funciones siguientes: Mantener y reparar maquinaria, herramientas, equipo de bombeo, sistemas de vapor, calderas, mobiliarios, estructuras mecánicas y todo equipo que en su totalidad sea mecánico, como por ejemplo ejemplo: soldadores, entalcadores de guantes, lavadoras, generadores de vapor (calderas), etc.

Tanto la mecánica general como la electromecánica se pueden mezclar entre sí, ya que su afinidad es grande.

La parte de refrigeración siendo un problema de energía, corresponde tanto a la mecánica general como a la electromecánica.

d. Servicio Auxiliares

Es una sección de ayuda para todo el departamento, es responsable de toda remodelación, así como la reparación de las instalaciones físicas, de piedra, concreto, madera, tuberías etc.

e. Telecomunicaciones

Es el encargado de la reparación de máquinas de escribir, contadores eléctricos, fotocopiadoras, además ve el área de comunicaciones.

f. Almacén

Tiene a su cargo el almacenaje así como la distribución de las necesidades de cada sección del departamento de mantenimiento, se hace observar que ésta sección no maneja medicinas ni artículos de primera necesidad.

Proporciona repuestos o elementos que pueden ser utilizados en algunas instalaciones, remodelaciones, o reparaciones de algún tipo.

El Departamento de Mantenimiento del Hospital llenará un gran vacío en el mantenimiento de los hospitales; si se le da la importancia que tiene y se dota adecuadamente de equipo, herramientas, materiales, repuestos necesarios y personal capacitado.

1.2. EFECTO FISIOLÓGICO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO.

El organismo humano por su alto grado de conductividad, puede formar parte de un circuito eléctrico desde el momento que entra en contacto con una fuente externa de voltaje. Se ha determinado que la conmoción producida por la electricidad, se debe a la intensidad de la corriente más que a la magnitud del voltaje.

Además de la intensidad de la corriente el efecto producido dependerá de la trayectoria que sigue la corriente para entrar y salir del cuerpo y además del tiempo que la electricidad está presente en éste.

El cuerpo humano actúa como una resistencia para la corriente. Esta resistencia depende de la masa del cuerpo, de su cantidad de humedad, de la callosidad de la piel, de la cantidad de sudor, así como del medio que lo rodea.

La resistencia de la piel como de un sistema eléctrico es obtenida de la Ley de Ohm, la cual describe la relación entre tensión (V), corriente (I), y resistencia (R).

Dicha ley establece que la tensión a través de muchos tipos de materiales conductores es directamente proporcional a la corriente que circule por el material

$$V = IR$$

donde la constante de proporcionalidad es la resistencia (R), siendo la unidad de medida el OHMIO, el cual es un voltio por amperio y a la cual se acostumbra a representar abreviadamente por un omega mayúscula (Ω).

Dicha ley nos indica que si un individuo llega a tener contacto con una fuente de voltaje y se convierte en parte de un circuito completo, entonces la cantidad de corriente que fluirá dependerá de:

- la resistencia de la piel

- la cual dependerá del tiempo de contacto

- el área de la superficie de la piel (húmeda, sequedad, callosa, etc).

La resistencia, medida de mano a mano, puede variar de 1000 ohms (1K), si la piel esta húmeda, hasta 1M ohms si la piel esta seca. Es así como la mayor parte de la resistencia del cuerpo humano la presenta la piel por la capa externa que ella tiene, el epitelio, la cual proporciona protección natural al peligro eléctrico.

La tabla 1.1. muestra valores típicos de resistencia de la piel tomados de mano a mano, para una mejor referencia.

VALORES DE RESISTENCIA APROXIMADOS COMO UNA
 FUNCION DE LA CONDICION Y AREA DE CONTACTO DE LA PIEL

Resistencia de la piel (Kilo-Ohms)	Area de contacto y condición
200	Yema callosa y seca de un dedo
15	Yema callosa y seca de un dedo tocando un conductor húmedo
8	Dedo de una mano seca
5	Pies húmedos
1.6	Mano seca fuerte- mente empuñada.
1	Mano húmeda o elec- trodo EKG

Tabla 1.1.

Como un ejemplo de la importancia de la resistencia de la piel en la determinación del efecto fisiológico al hacer contacto con una fuente de voltaje, se tiene: Alguien va a tocar la cubierta o el chasis de un equipo con falla, en no muy buenas condiciones con un potencial de 110 voltios.

Si se hace contacto con la punta de los dedos secos y callosos, así como se ve en la figura 1.1. a partir de la Ley de Ohm y la tabla 1.1. se calcula la cantidad de corriente que fluirá a través del cuerpo.

$$V = IR$$

$$\text{Se tiene } i = v/r = 110/220 = 0.55 \text{ mA}$$

Observamos que es un valor muy pequeño, pero puede ser percibido por el individuo, según la tabla 1.2.

1.2.1. Umbrales de Percepción de la Corriente Eléctrica

La aplicación de una corriente eléctrica alterna de 60 Hz, durante un determinado tiempo, causa a un tejido biológico tres efectos que son:

- a. Calentamiento resistivo del tejido
- b. Estimulación del tejido nervioso y muscular
- c. Quemaduras eléctricas

El daño potencial que resulta de estos efectos dependen de la cantidad de corriente que corra por el tejido, el lugar y el área de la aplicación, la frecuencia de la corriente y su duración.

Los efectos fisiológicos que resultan como una función de la intensidad de la corriente se resumen en la tabla 1.2.

EFECTOS FISICOS DEL FLUJO DE
CORRIENTE ELECTRICA

Todos los niveles de corriente son aproximados, las reacciones varían de un individuo a otro.

Nivel de Corriente		Reacción
1mA		Umbral de percepción
5mA		Máxima corriente aceptable sin hacer daño
16mA		Reacción de "no liberación"
20mA	50mA	Parálisis respiratoria, dolor, posible desmayo, agotamiento del corazón, respiración continua.
75mA	30mA	Se produce la fibrilación ventricular, la cual puede provocar la muerte.
1mA	6mA	Contracción contenida del miocardio, seguida por ritmo normal de corazón si no ha habido daño irreversible debido a la suspensión oportuna de la fuente; la densidad de corriente es alta
10Amp		Quemaduras, lesiones físicas.

Tabla 1.2.

1.2.2. Fibrilación

El corazón es uno de los órganos más sensitivos a la corriente eléctrica, porque para su función depende de contracciones musculares periódicas y altamente organizadas, controladas por un generador de estímulos eléctricos natural, propio del corazón llamado "Nodo Seno Atrial".

Las corrientes periódicas externas, a través del corazón, pueden desordenar sus patrones de organización normales.

Si una corriente externa de suficiente intensidad llega a alguna área del corazón, algunas de las células musculares serán estimuladas y actuarán fuera de secuencia, lo cual puede causar una desordenada contracción que le impida bombear sangre.

Se puede pensar que unas pocas células fuera de secuencia no deberán comprometer la capacidad de bombeo del corazón. Pero en sí, el corazón esta hecho de un grupo de células musculares para bombear sangre.

Ciertos tipos de células del organismo, como las células musculares y nerviosas, están encerradas en una membrana semipermeable que permite que algunas sustancias pasen a través de la membrana mientras otras se mantienen fuera. No se conoce ni la estructura exacta de la membrana ni el mecanismo mediante el que se controla su permeabilidad, pero las sustancias involucradas se han identificado experimentalmente. Rodeando a las células del organismo, están los líquidos orgánicos. Dichos líquidos son soluciones conductoras que contienen átomos cargados conocidos como IONES.

Los iones principales son:

- a. Ion Sodio (Na^+)
- b. Ion Potasio (K^+)
- c. Ion Cloruro (Cl^-)

Las membranas de las células excitables permite fácilmente la entrada de iones potasio y cloruro pero bloquea eficazmente la entrada de iones sodio.

Dado que los distintos iones intentan un equilibrio entre el interior de la célula, de acuerdo, tanto a la concentración como con la carga eléctrica, la incapacidad del sodio de atravesar la membrana acarrea dos consecuencias:

- En primer lugar, la concentración de iones sodio en el interior de las células se hace mucho menor que en el líquido intercelular externo. Puesto que los iones sodio son positivos, esto tenderá a hacer el exterior de la célula más positivo que el interior.
- En segundo lugar, en un intento de equilibrar la carga eléctrica, entrarán en la célula iones potasio adicionales.

Estos iones de potasio también son positivos y permiten que se produzca una concentración de potasio más alta en el interior que en el exterior. Sin embargo, este equilibrio de cargas no se puede lograr debido al desequilibrio de la concentración de iones de potasio. El equilibrio se alcanza con una diferencia de potencial a través de la membrana, negativo en el interior y positivo en el exterior.

Este potencial de membrana se denomina POTENCIAL DE REPOSO de la célula y se mantiene hasta que una perturbación de algún tipo altere el equilibrio.

Dado que medida del potencial de membrana se hace por lo general en el interior de la célula, con respecto a los líquidos orgánicos, el potencial de reposo de una célula viene dado como un valor negativo.

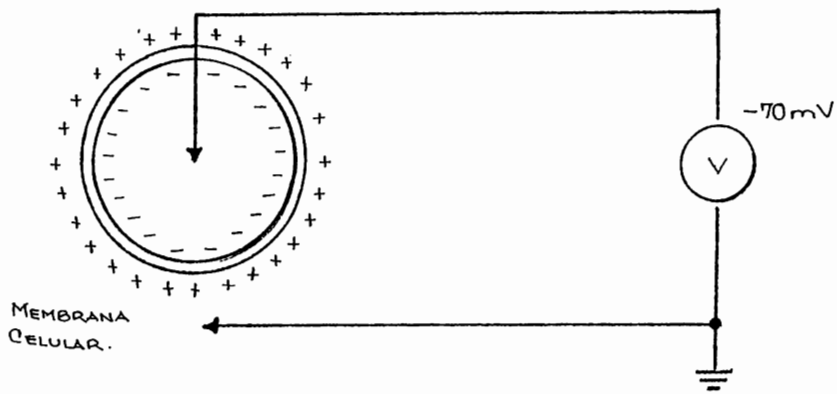
Investigadores científicos han medido potenciales de membrana en distintas células oscilando entre -60 y -100 mV. La figura 1.2. ilustra de forma simplificada la sección transversal de una célula con su potencial de reposo. Una célula con su potencial en reposo se dice que esta polarizada. Cuando se excita una parte de la membrana celular mediante el flujo de corriente iónica o mediante algún tipo de energía aplicada externamente, la membrana cambia sus características y empieza a permitir la entrada de algunos iones de sodio. Este movimiento de iones sodio hacia el interior de la célula constituye el flujo de corriente iónica que reduce más la barrera de la membrana a los iones sodio.

El resultado neto es un efecto de avalancha en el que los iones de sodio se precipitan literalmente en el interior de la célula, intentando alcanzar un equilibrio con los iones del exterior.

Al mismo tiempo, los iones de potasio que estaban en mayor concentración en el interior de la célula durante el estado de reposo, intentan salir pero son incapaces de moverse tan rápidamente como los iones sodio. Como resultado de ello, la célula tiene un potencial ligeramente positivo en el interior debido al desequilibrio de iones potasio.

Este potencial se conoce como POTENCIAL DE ACCION y es aproximadamente 20mV positivo. Una célula que ha sido excitada y que presenta un potencial de acción se denomina despolarización. La figura 1.3. muestra los movimientos iónicos asociados con la despolarización y la figura 1.4. ilustra la sección transversal de una célula despolarizada.

Cuando una célula es despolarizada, causa la despolarización de la siguiente célula así que la onda de despolarización se distribuye en todo el corazón.



Célula polarizada con su potencia de reposo.

Figura 1.2

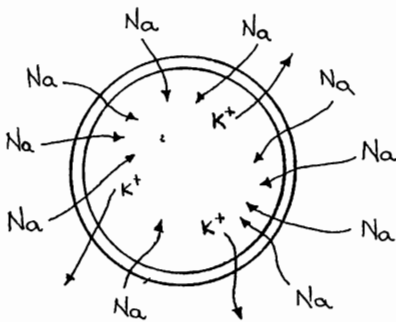
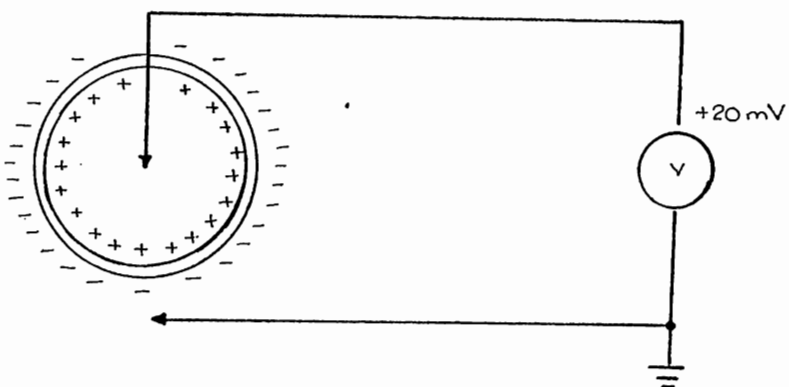


Figura 1.3

Despolarización de una célula.



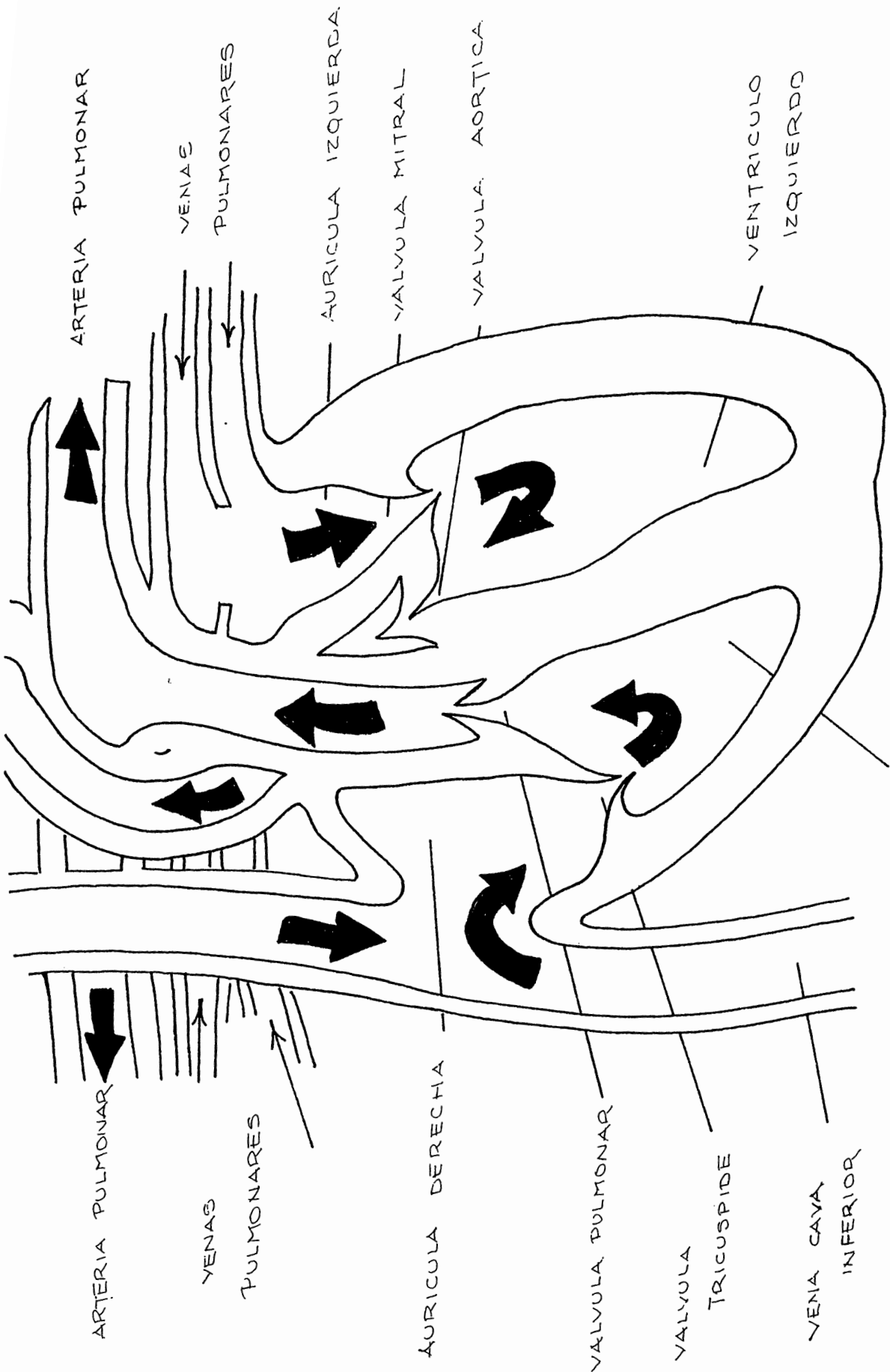
Célula despolarizada durante un potencial de acción.

Figura 1.4

La efectividad del corazón y por consiguiente el bombeo de la sangre depende sobre todo de una organizada despolarización de varias partes del corazón.

El corazón está compuesto de cuatro cavidades: el atrio izquierdo, el ventrículo izquierdo, el atrio derecho y el ventrículo derecho. Existe un sistema de válvulas entre el ventrículo y el atrio. La sangre es bombeada del atrio derecho (RA) dentro del ventrículo derecho (RV) y desde ahí a la arteria pulmonar (PA). La arteria pulmonar transporta la sangre a los pulmones, donde el oxígeno es agregado y el dióxido de carbono extraído, y luego nuevamente transportado al corazón e introducido por el atrio izquierdo (LA). Desde el atrio izquierdo es bombeado dentro del ventrículo izquierdo (LV) y luego dentro de la aorta, donde es distribuido a todas las células del organismo.

La figura 1.5. muestra el esquema del flujo de salida y entrada de la sangre. Se puede pensar que unas pocas células fuera de secuencia no deberían comprometer la capacidad de bombeo del corazón.



ARTERIA PULMONAR

VENAS PULMONARES

AURICULA IZQUIERDA

VALVULA MITRAL

VALVULA AORTICA

VENTRICULO IZQUIERDO

ARTERIA PULMONAR

VENAS PULMONARES

AURICULA DERECHA

VALVULA PULMONAR

VALVULA TRICUSPIDE

VENA CAVA INFERIOR

VENTRICULO DERECHO

Sin embargo, si unas pocas células se desordenan, el efecto se propaga a las células vecinas, produciéndose una reacción en cadena, la que concluye con una actividad caótica en lugar de una acción sincronizada.

Esta actividad azarosa de las células del corazón se conoce como fibrilación y le impide al corazón bombear sangre, y es fatal al menos que se corrija en pocos minutos.

Trabajos experimentales han demostrado que la fibrilación ventricular puede ser producida por corrientes tan pequeñas como 20mA a frecuencias de 20 Hz, cuando se aplica directamente.

Los elementos intracardíacos están a menudo en contacto con menos de 1cm^2 de músculo del corazón esto significa que los 20mA están concentrados a través de pocas células de el corazón y el desorden de las pocas células es suficiente para causar fibrilación y llevar a la muerte al paciente. La corriente es considerada peligrosa y es además objeto de activa investigación y de algunas controversias, ya que los experimentos en humanos para determinar ese valor por razones obvias no se hacen.

La fibrilación puede ser ventricular, afectando el funcionamiento de los ventrículos y auricular afectando el funcionamiento de los aurículos en el corazón.

**ESTUDIOS DE FIBRILACION EN HUMANOS Y
ANIMALES**

Sujeto	Tipo de Electrodo.	# de fibrilaciones.	Comte $\frac{1}{2}$ (μ A)	Voltaje $\frac{1}{2}$ (VOL-TA)	Impe- dancia $\frac{1}{2}$ ().
Perros	Catéter	215	258	0.24	930
Humano	Miocar- dial. (2.5cm 0)	6	3366	0.85	252
Humano	Miocar- dial. (2.5cm 0)	4	583	1.01	1732

TABLA 1.3

Estos datos fueron obtenidos de sujetos en cirugías de corazón abierto. Los electrodos fueron colocados uno a cada lado del corazón.

1.3 RIESGOS ELECTRICOS EN EL AMBIENTE HOSPITALARIO

Los riesgos eléctricos existentes en el ambiente hospitalario son de diversas índoles y se pueden clasificar en las siguientes categorías:

Se pueden presentar dos tipos de descargas:

- Macroshock

- Microshock

1.3.1. Macroshock

Macroshock ocurre cuando una cantidad grande de corriente fluye a través del cuerpo humano.

Este tipo de riesgo afecta tanto al paciente como al personal de servicio.

Se produce por falla en las instalaciones eléctricas, las cuales provocan que haya contacto directo con cables vivos o con superficies conductoras que tengan el mismo voltaje de la red de distribución interna.

Esta situación de peligro se origina por causas tales como:

- Aislamiento de cordones dañados
- Enchufles en mal estado
- Tomas quebrados o mal alambrados

Estos errores son capaces de producir quemaduras, fallas cardíacas, rupturas de tejidos y el caso más grave, fibrilación ventricular, cosquilleos dolorosos, contracciones musculares, movimiento involuntario o quemaduras pequeñas pueden ser causadas por un "macroshock" de bajo nivel.

Un "macroshock" requiere una tensión considerable para poder hacer circular los electrones través de la alta resistencia de la piel.

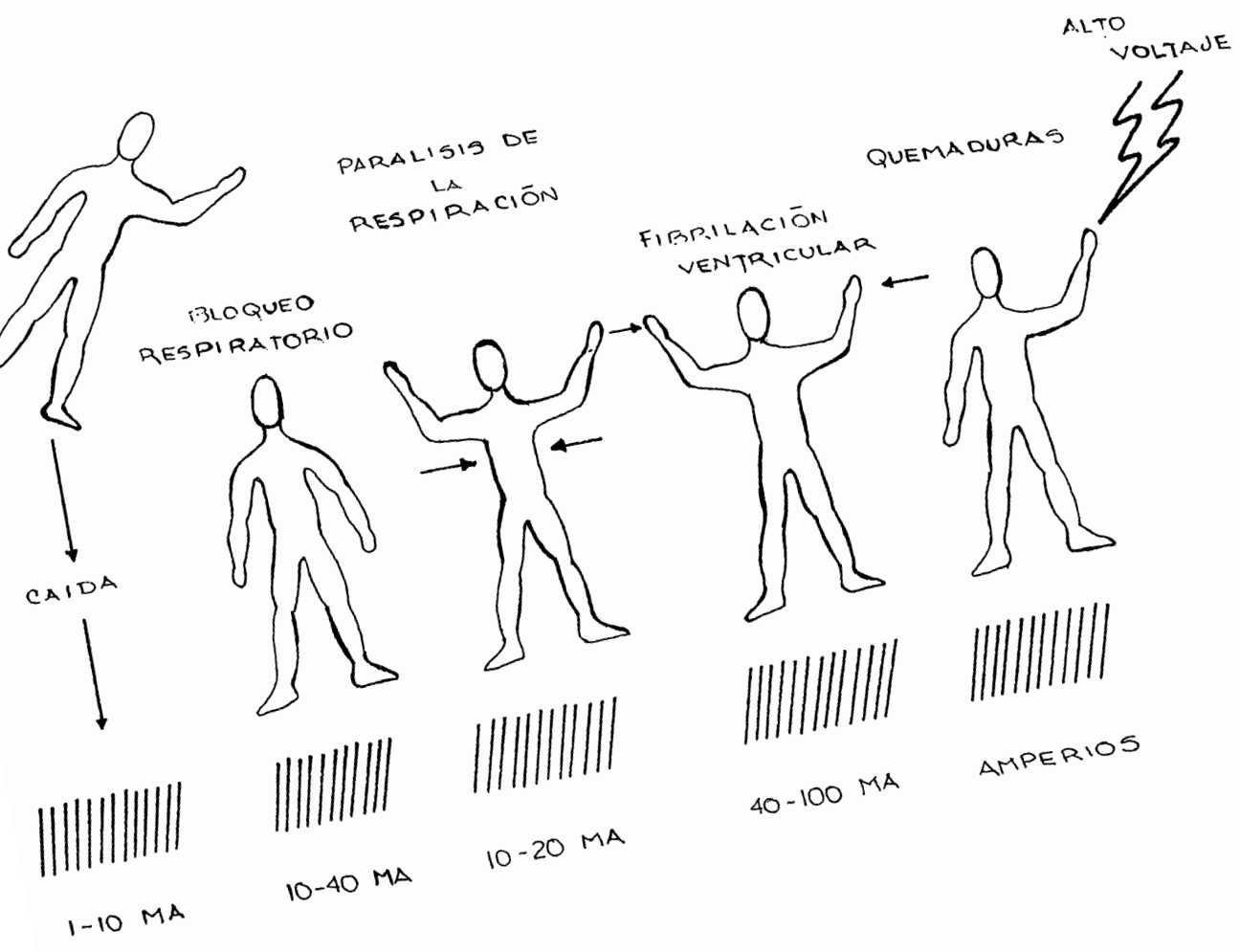
La figura 1.7 muestra en una forma más comprensible estos problemas.

1.3.2. Microshock

Es producido por la llamada corriente de fuga, fenómeno que se presenta en mayor o menor grado en todo equipo eléctrico que funciona con corriente alterna. Es un flujo de corriente propio de las partes eléctricas vivas de un equipo o instrumento hacia la cubierta o parte metálica expuestas del mismo, ya sea por efecto resistivo y principalmente capacitivo.

Esta corriente a pesar de sus pequeñas magnitudes (del orden de los microamperios) puede constituirse en un peligro para el paciente sometido a cateterización o conductores internos cerca del corazón (electrodos de marcapasos).

El "microshock" es definido como una corriente menor a 1mA, que penetra al cuerpo hacia el corazón por un elemento invasivo. El microshock es más delicado que el macroshock.



Efectos de los Macrochoques

Figura 1.7

Mientras que el macroshock es producido por alguna falla grande del equipo (corto circuito, ruptura de cables, etc), o producido por el ambiente eléctrico en donde se encuentra el paciente, el microshock puede ocurrir debido a fallas que no son detectadas tan fácilmente.

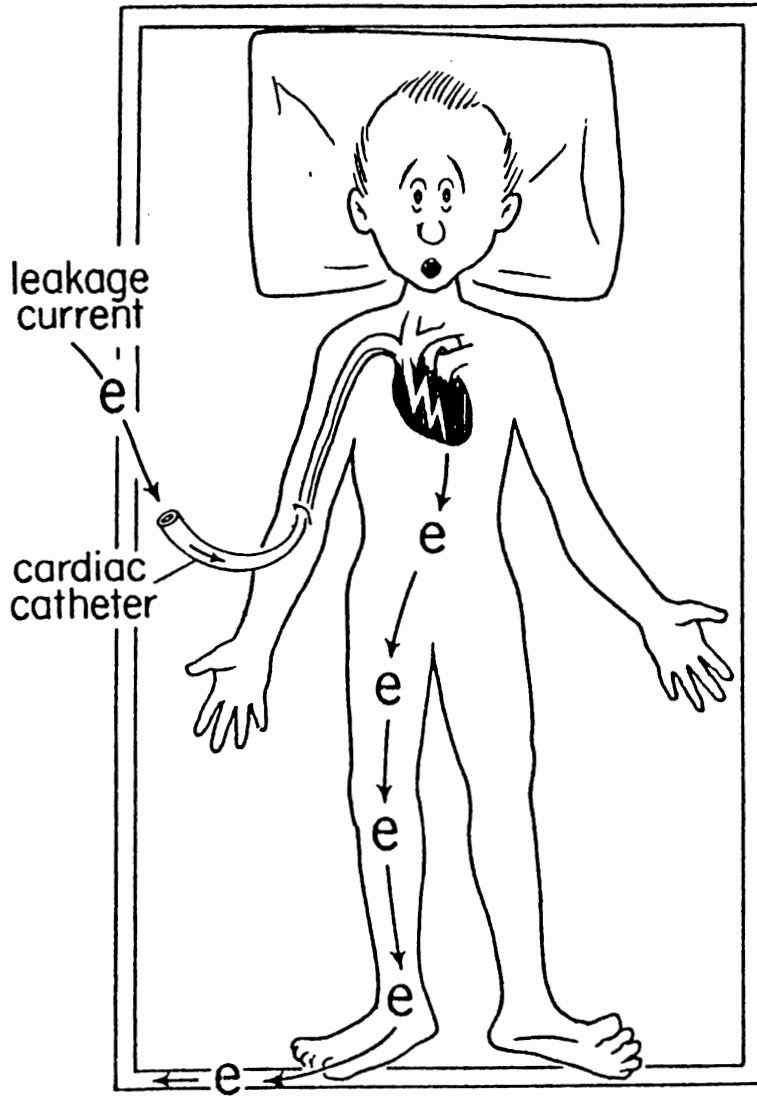
La corriente de microshock se produce en un camino de baja resistencia, el cual involucra el corazón, Figura 1.8, donde se produce el daño con más frecuencia.

Debido a la proximidad de los componentes electrónicos de los equipos a la carcasa de estos se produce un pequeño voltaje entre el chasis del equipo y tierra.

En condiciones de microchoque, las corrientes muy debajo del umbral de percepción son capaces de producir fibrilación ventricular.

Cualquier paciente es eléctricamente susceptible cuando se encuentra intervenido quirúrgicamente, en especial, con la cateterización intercardíaca.

MICROSHOCK!



h

Fig. 1.8

* Leakage Current : Corriente de fuga
** Cardiac Catheter : Cateter cardíaco

Existen sólo tres procedimientos clínicos empleados actualmente en los que un paciente es eléctricamente susceptible:

1. La inserción de un electrodo, catéter marcapasos, provenientes de un marcapasos externo.
2. El uso de un catéter lleno de líquido para medir la presión sanguínea dentro de las cámaras del corazón, para separación de muestras sanguíneas o para la inyección de sustancias hacia el corazón, tales como tinturas (medio de contraste) para una angiografía.
3. La inserción de un electrodo en una de las cámaras cardíacas para mediciones intercardíacas.

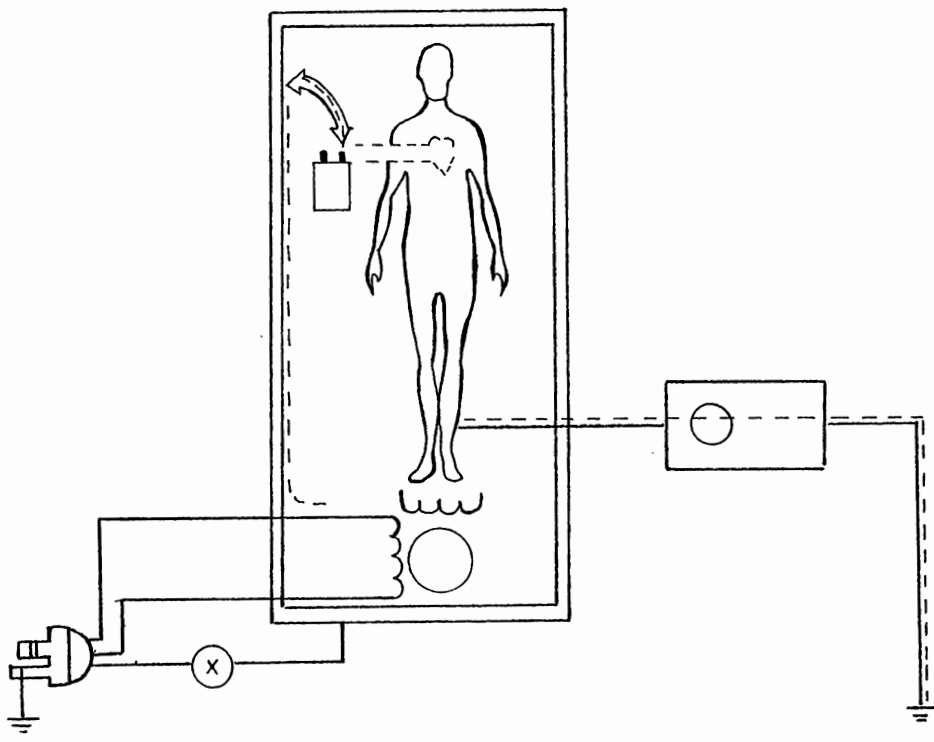
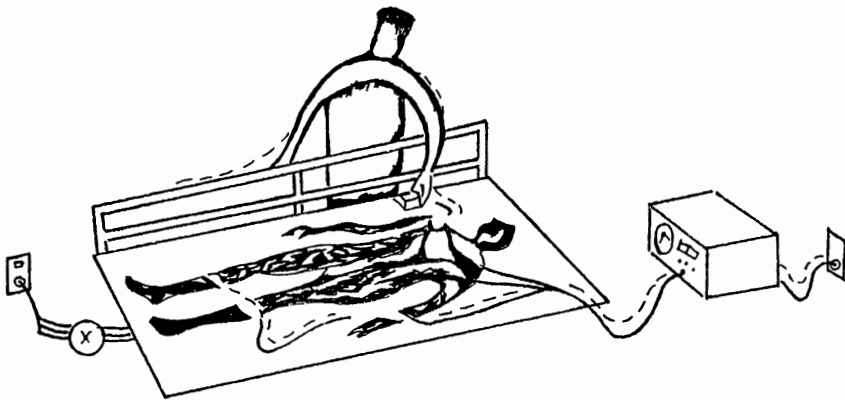
Los pacientes sujetos a estas condiciones son fáciles de identificar y representan solo un pequeño porcentaje de la población de pacientes de un hospital.

Además, estos pacientes por lo general, son confinados a áreas especializadas tales como las unidades de cuidados intensivos o coronarios, o a laboratorios de cateterización.

La corriente de fuga se convierte en un verdadero peligro para un paciente sometido a un catéter, si por cualquier razón la conexión a tierra del equipo o instrumentos (3 hilos o conexión directa), se interrumpiere, esta corriente causaría daños debido a que fluye normalmente hacia tierra, pero en este caso podría hacerlo, pero, a través del paciente.

Para una mayor comprensión se ilustra el siguiente caso (Figura 1.9).

1. El paciente se encuentra sobre una cama electromecánica.
2. Esta interrumpida la conexión a tierra del tomacorriente de la cama.
3. El paciente se encuentra bajo el cuidado de un monitor de electrocardiografía (ECG).



F

Figura 1.9

4. El electrodo de la pierna derecha del paciente esta conectado al sistema tierra del hospital a través del monitor.
5. El paciente esta conectado a un marcapasos.

Análisis del problema:

La conexión defectuosa a la tierra de la cama electromecánica, permite que exista un voltaje en marco metálico de esta, que se debe a acople capacitivo existente entre el marco de la cama y sus conductores de alimentación eléctrica. Supóngase que un individuo al ajustar las conexiones de un cateter, inadvertidamente toca las terminales del marcapasos y la baranda al mismo tiempo, se asumirá en éste caso que la resistencia de la persona es de 100 Ohm y la existente entre las terminales del marcapasos y el paciente es de 500 Ohms.

La persona lo que ha hecho es completar la trayectoria para que la corriente fluya hacia tierra con una magnitud de aproximadamente 120 mA. Esta corriente no es sensible a la persona pero puede ser fatal para el paciente.

Aquí se ha observado la importancia de que los equipos electrónicos cuenten con su respectiva conexión a tierra y a su vez su monitor de aislamiento de línea que se definirá en el capítulo 3.

Hay muy poca información de la causa de la fibrilación ventricular por medio de microshock, estudios realizados en animales (perros, monos, etc), presentan como un valor típico los 20uA.

Aunque existen datos acerca del umbral de fibrilación ventricular en los humanos, deben tomarse en cuenta dos grandes parámetros que involucran este tipo de problema, ellos son:

1. La inserción de electrodos internos en el cuerpo.
2. El umbral de percepción que posee cada ser humano.

El área más sensible para el inicio de fibrilación es la parte interna del ventrículo derecho. Según estudios realizados, el umbral de fibrilación es esta sección es entre 108 uA con una desviación de 35.8 uA.

Según Graystone y Ledsome, dos grandes conocedores de la materia, reportan que existen umbrales de fibrilación de 20 uA causando la muerte.

1.3.3. Riesgos de quemaduras

Las quemaduras son producidas por el calor que generan la resistencia de los tejidos al paso de la corriente eléctrica según la tabla 1.4, por ejemplo, se tiene una corriente de 6 Amp., con una frecuencia de 60 Hz., ésta corriente puede producir quemaduras las cuales se ubicarían en los puntos de contacto o cerca de éstos, donde la densidad de corriente es más intensa.

El calor de coagulación o de corte de la tierra por medio de frecuencias bajas es basado en las leyes de JOULE.

Este calor es producido por una corriente que fluye a través de una resistencia, en nuestro caso la piel, la superficie de corte se coloca entre dos electrodos, el electrodo activo y el electrodo de placa, el cual debe estar conectado al paciente por debajo de la superficie donde se toman como referencia.

La densidad de corriente en la piel en contacto con el electrodo activo es relativamente alta debido a la pequeña área de contacto. Sin embargo, la densidad de corriente en la piel en contacto con la placa de referencia es relativamente baja debido a la gran área de contacto.

De acuerdo a estudios matemáticos, se ha llegado a la relación de que:

$$T = (I/S)^2 * K * \rho$$

Donde:

T = Temperatura

I = Intensidad de corriente diatérmica

S = Area de contacto

K = Constante específica

ρ = Densidad específica de la piel

De la ecuación podemos asegurar que la temperatura de la piel es inversamente proporcional al cuadrado del área en contacto y directamente al cuadrado de la corriente.

Además, la densidad de corriente en el electrodo activo es tan alta que produce valores suficientemente altos para causar la destrucción del tejido, esto facilita el corte y la coagulación.

No obstante la densidad de corriente en el electrodo de referencia es baja, y el incremento de la temperatura es bajo siempre y cuando el operador tenga la debida precaución.

En el ámbito hospitalario, las quemaduras más comunes pueden presentarse en las salas de operaciones, donde se usan equipos de electrocirugía.

Estos problemas pueden deberse al descuido de los operarios, por no tener la debida precaución del caso.

Como se dijo antes, estos equipos se basan principalmente en la generación de calor por medio de corriente de alta frecuencia y relativamente bajas. La sensibilidad del cuerpo humano a la corriente eléctrica varía con la frecuencia, cuando la frecuencia aumenta el cuerpo puede tolerar más corriente.

Las unidades de electrocirugía usan electrodos, uno activo que es el electrodo movil que se desplaza por todas las partes del cuerpo donde se requiera cortar tejidos o coagular vasos sanguíneos, y el electrodo inactivo, el cual se conecta a tierra, consiste en una placa de acero inoxidable, plata o algún otro material de alta conductividad, de aproximadamente 20 centímetros de largo por 10 centímetros de ancho.

Es muy importante que esta sea correctamente conectada, porque si no fuere así, entonces las corrientes de alta frecuencia no tendrán una trayectoria de baja resistencia de retorno a tierra, causando posibles quemaduras al paciente.

Un dato muy importante que debe tenerse muy en cuenta es que el electrocirugía se utiliza la corriente concentrada procedente de un generador de radiofrecuencia con una frecuencia de 2.5 ó 4.0 MHz, para cortar el tejido o coagular pequeños vasos sanguíneos.

Al no colocarse el electrodo (placa) correctamente se presentará una alta resistencia de contacto entre el cuerpo del paciente y la placa, y al no circular la corriente por medio de un circuito de baja resistencia, se genera calor en la zona de la piel que hace un pobre contacto con la placa, cuya consecuencia es la quemadura de esos tejidos.

Para que la electricidad produzca efecto en el organismo, este debe entrar a formar parte de un circuito eléctrico.

Para que circule una corriente eléctrica tienen que existir por lo menos dos conexiones entre el cuerpo y una fuente de tensión externa.

La magnitud de la corriente depende de la diferencia de potencial entre las conexiones y de la resistencia eléctrica del cuerpo.

La mayor parte de los tejidos del cuerpo contienen un elevado porcentaje de agua. En consecuencia, resulta un buen conductor eléctrico.

La parte del organismo que se sitúa entre los dos puntos de contacto eléctrico constituye un conductor volumétrico no homogéneo en la cual la distribución del flujo de corriente viene determinada por la conductividad local del tejido.

La corriente eléctrica puede afectar al tejido fundamentalmente en dos formas:

1. La energía disipada en el tejido, por presentar una cierta resistencia eléctrica, puede provocar un aumento de la temperatura. De alcanzar una temperatura suficientemente alta, se puede producir lesiones en el tejido (quemaduras).

2. La transmisión de impulsos a través de los nervios sensitivos y motores implican potenciales de acción electroquímicos.

Una corriente eléctrica extraña de suficiente magnitud puede ocasionar diferencia de tensiones locales pudiéndose generar potenciales de acción y estimulación de nervios sensitivos, de esta forma, la corriente eléctrica produce una sensación de "hormigueo" .

Si esta alcanza intensidad suficiente puede llegar a ser molesta e incluso dolorosa.

Una intensidad del estímulo suficientemente alta puede producir la tetanización del músculo contrayéndose todas las fibras y ejerciéndose la máxima fuerza muscular posible.

1.3.4. Riesgos por explosión y/o quemaduras

Existen en la industria, hospitales y otros centros de trabajo, locales donde se manejan gases, vapores o líquidos combustibles que son inflamables y que hacen por lo tanto de estos locales zonas muy especiales ya que existe el peligro de que ocurra una explosión o un incendio. Si estos gases o vapores son mezclados con el oxígeno o algunos otros gases en una proporción adecuada, se produce una mezcla explosiva, que ante la presencia de una determinada fuente de ignición dará lugar a una explosión. Una fuente de ignición puede ser una flama, la chispa originada al rozar o golpear dos objetos metálicos, etc.

Sin embargo, se ha encontrado que la mayoría de los accidentes por explosiones se ha debido a un arco eléctrico.

1.3.4.1. Fuentes de Ignición

La electricidad es la principal causa de explosiones debido a igniciones eléctricas.

Las igniciones eléctricas se producen básicamente en tres formas:

1. Por electricidad estática
2. Por arcos eléctricos o chispas que se producen en diversos equipos eléctricos.
3. Por fallas en las instalaciones eléctricas.

La electricidad estática origina diferentes cargas eléctricas y diferencias de potenciales entre dos objetos, dos personas, o personas y objetos; especialmente por fricción y por el uso de ropas sintéticas.

Esto puede originar descargas eléctricas que provocan arcos o chispas que pueden ser una ignición suficiente para una explosión.

Los arcos eléctricos o chispas pueden producirse en la operación normal de equipos eléctricos, tales como interruptores, arrancadores de motores, receptáculos, cables con fallas de conexión, etc. al abrir o cerrar contactos.

Otro tipo de riesgo existe en dispositivos eléctricos que puedan producir calor, tales como lámparas o motores.

El calor originado en la superficie de estos equipos puede sobrepasar el límite de temperatura del medio ambiente inflamable. Además, dispositivos o elementos de un sistema eléctrico pueden llegar a ser fuentes potenciales de una ignición riesgosa, en los casos de fallas en el aislamiento; aquí podemos concluir el alambrado, transformadores, bobinas, etc.

Para que ocurra una explosión o un incendio deben darse tres condiciones básicas:

1. Un gas, vapor o líquido inflamable debe estar presente en una cantidad suficiente.
2. Este gas, vapor o líquido combustible debe estar en una proporción mínima del 40% de oxígeno y 60% de otros gases, para producir una mezcla explosiva.

3. Una fuente de ignición debe ser aplicada a la mezcla explosiva.

La tabla 1.5 menciona algunos anestésicos inflamables, los cuales, sin embargo, en su mayoría ya no se usan por ser altamente peligrosos.

En lo expuesto anteriormente, agentes causantes de toda explosión son los gases y algunas descargas eléctricas (chispas).

Es importante tener ciertas precauciones de seguridad en el mantenimiento, manejo y empleo de sistemas de gases comprimidos (uso hospitalario o de uso industrial).

El personal que maneja cilindros de gases comprimidos debe conocer las características y peligros físicos relacionados con los gases comprimidos, así como los estatutos y reglamentos que controlan la inspección, almacenamiento, embarque y disposiciones de cilindros llenos o vacíos.

ANESTESICOS INFLAMABLES

NOMBRE	FORMULA	PESO MOLECULAR	PESO MOLECULAR DEL AIRE	CARACTERISTICAS
Ciclopropano	C ₃ H ₆	42,081	29,0836	Gas muy Flamable. Temperatura de Ignición 500°C. Límites explosivos: 2,4 - 10,4
Eter Divinílico	CH ₂ :CHOCH ₂ CH ₂	70,0914	29,0836	Líquido. Temperatura auto ignición: 376,6°C. Límites de explosión en el aire: 1,7 a 27%
Cloruro de Etileno	C ₂ H ₂ Cl ₂	64,515	29,0836	Gas. Temperatura auto ignición: 519°C. Límites de explosión en el aire: 1,85 a 4,8%
Eter Etilico	(C ₂ H ₅) ₂ O	70,1234	29,0836	Líquido volátil. Temperatura autoignición 180°C. Límites de explosión en el aire: 1,85 a 4,8%
Etileno	H ₂ C = CH ₂	28,054	29,0836	Gas flamable. Temperatura de ignición: 490°C. Límites de explosión en el aire: Inferior 27% y Superior 36%
Oxido Nitroso	N ₂ O	44,0128	29,0836	Gas no flamable. Puede formar mezcla explosiva con el aire.

TABLA 5

Los cilindros de gases comprimidos representan un peligro potencial a la seguridad en las instalaciones de un hospital.

Antes de recibir los cilindros, se deben efectuar verificaciones de seguridad generales o pruebas hidrostáticas.

Se deben ejecutar pruebas de presión en los cilindros, para la mayoría de los gases, cada cinco años por lo menos, a fin de determinar si son seguros para su empleo.

Las áreas de almacenamiento deben estar secas y a prueba de fuego, debe ser un área con muy buena ventilación y alejada del calor excesivo. Nunca se debe exponer un cilindro a temperaturas superiores a los 125°F. Si se almacenan en interiores, los cilindros de gas no deben estar cerca de calentadores, tuberías de agua caliente, vapor o cualquier posible fuente de ignición.

Los cilindros deben asegurarse en un lugar para evitar que caigan.

A continuación se presentan precauciones generales para almacenamiento y manejo de cilindros.

1. Asegurar todos los cilindros y no colocar uno de gas junto a otro tipo de gas.
2. No se debe permitir fumar en ninguna área donde se utilicen o almacenen gases.
3. Nunca dejar caer cilindros ni permitir que uno golpee contra otro.
4. Si los cilindros se almacenan temporalmente al exterior durante el verano, asegurarse de que estén bajo sombra, lejos de los rayos del sol.
5. No arrastrar, rodar o deslizar los cilindros. Usar un carro de mano y asegurar los tanques antes de iniciar movimiento alguno.

6. No almacenar cilindros vacíos junto a llenos.
7. No colocar cilindros en lugares donde puede hacer contacto con electricidad.
8. Nunca almacenar gases inflamables con gases no inflamables.

Se han mencionado anteriormente algunas prácticas que se deben tener para el manejo de gases. Posteriormente se detallará más claramente en un capítulo exclusivo para el área de gases.

1.3.4.2. Medidas de protección contra incendios de los establecimientos hospitalarios.

Los incendios en zonas hospitalarias ponen en peligro la seguridad de los enfermos y de todo el personal por lo que las medidas de organización en materia de defensa contra el fuego deberán elaborarse con extremo cuidado.

Es la administración del hospital la responsable para la organización de la seguridad del establecimiento, garantizando el correcto cumplimiento por parte del personal, de las prescripciones establecidas.

Los directores de los locales hospitalarios, en lo referente a instrucciones, deberán nombrar por turno a personas responsables para la seguridad de salas, laboratorios, servicios, UCI, etc.

Todas las instrucciones respecto a seguridad deberán ser cumplidas por enfermos y visitantes en forma general. Los establecimientos hospitalarios deberán estar provistos de sistemas de alarmas y de señales de evacuación.

El personal que presta servicio en instalaciones hospitalarias, debe percibir una instrucción técnica especializada referente a la prevención, también de la forma más segura para utilizar

aparatos, máquinas eléctricas, productos químicos preparados y materiales inflamables así como también respecto al manejo de extintores y productos contra incendios y primeros auxilios.

El personal en servicio de carácter permanente en puestos de seguridad, debe tener el total conocimiento de los diversos locales, del número de enfermos en las habitaciones y de su respectivo estado de salud, velar por el mantenimiento de todos los equipos contra incendio y de los sistemas de comunicación así como verificar estado de salidas, vestíbulos, escaleras y puertas.

Estas y algunas otras disposiciones están respaldadas por la experiencia adquirida en este tipo de problemas, por lo tanto es recomendado estudiarlas e implementarlas.

1.4. AREAS HOSPITALARIAS

Algunas de las áreas más importantes que posee un hospital son:

1. Localidad del sistema de energía
2. Área anestésica. No inflamable
3. Área anestésica. Inflamable
4. Área anestésica. (Combinación entre literal 1 y 2)
5. Área de cuidados críticos
6. Áreas de cuidados generales
7. Áreas húmedas
8. Áreas auxiliares
9. Áreas de cuidados ambulatorios

Cada una de estas áreas se define de la siguiente manera:

1.4.1. Localidad del sistema de energía

Esta cubre en forma completa todos los requerimientos necesarios para la distribución de la energía eléctrica en un hospital, incluye la subestación de energía eléctrica, los ramales de distribución, los centros de cargas eléctricas,

los sistemas de emergencia (los cuales son sistemas de alimentación y circuitos ramales que cumplen con el artículo 700 del NEC/87, que dice: "Los sistemas de emergencia son diseñados para mantener un grado específico de iluminación o para proporcionar energía eléctrica a equipos que su funcionamiento es indispensable, tales como: sistemas de bombeo de agua, cuartos de monitorización, salas de intervención quirúrgicas, etc.

En caso de que falla el ramal primario o normal") y los sistemas de generación de vapor para las secciones de lavandería, cocina, etc.

1.4.2. Area de anestesia

Sección diseñada para el suministro de cualquier agente anestésico inflamable o no, para tratamiento o exámen, inclusive para el suministro de anestesia general.

1.4.2.1. No inflamable

Sección anestésica la cual el hospital a instalado para el uso de agentes anestésicos no inflamables tales como:

- Halatone
- Fentrane
- Isoflorane
- Cloroformo
- Metoxiflureno
- Tricloroetileno

1.4.2.2. Inflamable

Esta es más crítica, ya que su instalación requiere de un diseño específico, con sistemas antiestáticos y antiexplosivos. Entre los gases que se encuentran en estas áreas estan:

- Ciclopropano
- Eter divinílico
- Cloruro de etilio
- Eter etílico
- Etileno
- Oxido nitroso

Los cuales han sido presentados en la tabla 1.5 de la sección 1.3.4.1.

1.4.2.3. Combinación entre no inflamable e inflamable.

Esta localidad permite la instalación de los dos tipos de gases, los no inflamables y los inflamables. Según la norma de la A.H.A. (American Hospital Association) sección 4 ley 99/84/3-5.2, que establece: "Es posible, sin ninguna dificultad tener cuartos diseñados para el manejo de gases inflamables y no inflamables."

En general, los cuartos inflamables están diseñados y preparados de acuerdo a la sección 3, "Áreas inflamables" mientras que las áreas no inflamables están de acuerdo a la sección 2 "Áreas no inflamables".

1.4.3. Areas de cuidados críticos

Son áreas de cuidados a pacientes, donde estos están sujetos a procedimientos invasivos y conectados directamente a equipos que monitorean continuamente potenciales bioeléctricos y las variables fisiológicas de los pacientes.

En general, estas secciones incluyen: salas de operación (quirófanos), cuartos post-operatorios, unidades de cuidados intensivos y cateterismo.

1.4.4. Area de cuidados generales

Sección en la cual los pacientes no están siendo monitoreados continuamente, estos están en condiciones favorables. Los pacientes de esta sección se espera que estén en contacto con el medio que lo rodea (camas metálicas, mesas, equipos eléctricos, etc).

El cuidado de las enfermeras para esta sección no es muy crítico como para la sección de cuidados intensivos (UCI).

1.4.5. Areas húmedas

Las secciones de cuidados de los pacientes usualmente están sujetos a condiciones húmedas, incluyendo agua estancada en el piso o cantidades pequeñas de agua derramada en áreas de trabajo; el procedimiento de limpieza de los empleados o derrames accidentales de agua, no pueden considerarse como áreas húmedas.

Generalmente, las áreas húmedas incluyen el uso de hidroterapia, existe una confusión con la sección de diálisis pero puede ser considerada como un área húmeda.

Según el ANSI/IEEE Standards 602-1986, sección 6.4.7, define el área húmeda como sección en la cual el nivel de humedad es un valor porcentual (%) y además donde la interrupción de la energía no es tolerable por ningún motivo.

1.4.6. Areas auxiliares

Son áreas donde usualmente los pacientes no se encuentran siendo cuidados ni tratados.

Las secciones que intervienen en este nivel son:

1. Sección administrativa
2. Laboratorios
3. Estación de enfermería
4. Almacenes
5. Cocinas
6. Lavanderías
7. Etc.

1.4.7. Areas de cuidados ambulatorios

Local donde los agentes de inhalación anestésicos son administrados a los pacientes ambulatorios para el suministro de anestesia general, anestesia parcial o terapia respiratoria.

Las secciones en las cuales se profundizará y se tratarán específicamente son:

1. Localidad del sistema de energía
2. Areas de anestesia o de gases
3. Area de cuidados criticos

Para ser más específicos se considerará la sección de los quirófanos, uci y salas de recuperación. Son zonas muy importantes y de mayor efectividad para la mejoría del paciente, el cual estará indefenso de alguna falla eléctrica que suceda en el transcurso de su estadía en cualquiera de estas áreas.

Debido a la importancia que acarrea el manejo de pacientes en dichas áreas, se recomendarán normas para que la seguridad eléctrica en las personas pueda verificarse periódicamente.

C A P I T U L O N º 2

2.1 "SUBESTACIONES ELECTRICAS Y SISTEMAS ELECTRICOS DE EMERGENCIA APLICACIONES EN HOSPITALES"

2.1.1. Sistemas Eléctricos

Los sistemas eléctricos para hospitales están compuestos de dos sistemas esenciales, que proporcionan energía eléctrica a un número limitado de circuitos de iluminación y fuerza, los cuales a su vez son importantes para la seguridad del paciente y el funcionamiento del hospital.

Cada día los equipos electrónicos se están diseñando más complejos, debido a la alta tecnología que en ellos se implementa, por consiguiente el diseño de la distribución de energía, para las áreas de cuidados críticos se están convirtiendo cada vez más seguros para el cuidado de los pacientes. La apropiada selección de los elementos y arreglos de un sistema debe de suplir los requerimientos para la seguridad de éstos y a la vez para bajar los costos de la instalación eléctrica sin dañar o sacrificar algunos de los factores anteriormente expuestos.

La pérdida total o parcial de la energía eléctrica en cuidados intensivos puede causar grandes daños de operación. La pérdida total del sistema de luces en áreas críticas volvería difícil la realización de faenas médicas propias de dichas secciones, tales como el arreglo de medicinas, la realización de cirugías menores o mayores, trabajos en laboratorio, etc. La falta de energía en equipos como bancos de sangre, equipos de congelación etc, pueden dejar a áreas importantes sin soporte vital. Pero lo más grave de todo es dejar los equipos de preservación de vida sin el vital servicio, como por ejemplo: Equipos de diálisis, respiradores artificiales, bombas de circulación sanguínea, bombas de vacío, etc. Pudiendo ser fatal la falla de energía eléctrica.

La seguridad es lo más importante en todo diseño médico, mucho mas en áreas críticas. Hay tres razones por la cual la seguridad eléctrica debe de tomarse muy en cuenta:

1. El personal médico frecuentemente entra en contacto con aparatos eléctricos en sus procedimientos diarios.

2. Los pacientes son muy vulnerables a los riesgos eléctricos, debido a que se encuentran en condiciones muy débiles; drogados, con anestesia total, o inconscientes. (Los "shocks" eléctricos difícilmente afectarían a una persona saludable, no así a alguien en malas condiciones físicas).

3. Es necesario para el personal de mantenimiento en áreas críticas, mantenerse en contacto diariamente o periódicamente con los sistemas de distribución de energía eléctrica para su mantenimiento o reparación de sistemas en pequeña o gran escala.

Debido a que la mayoría de la gente también se ve rodeada de múltiples aparatos electrónicos en el lugar y en el trabajo, el hospital puede parecer no presentar más peligro eléctrico que los hogares o los lugares de trabajo industriales. Además, como se ha especificado anteriormente, la mayoría de los pacientes internos son más susceptibles a los efectos de todo tipo de peligros eléctricos.

2.1.2. Sistema Primario de Energía Eléctrica

Como se sabe, el sistema de energía eléctrica para cuidados críticos requiere un alto grado de seguridad y confiabilidad. Algunas áreas de cuidados hospitalarios requieren diseños eléctricos muy sofisticados.

La fuente principal de energía, generalmente es provista por la CEL o sus distribuidores. Existe a la vez el sistema eléctrico de emergencia, el cual proporcionará energía eléctrica al faltar el sistema primario. Este suministro requiere de una fuente de energía auxiliar, como un generador (es lo más frecuente aquí en nuestro país), un banco de baterías, etc.

A su vez, todos los circuitos que involucran esta transmisión de energía esta dividida en dos sistemas básicos:

- a) Sistema eléctrico normal (no es esencial el suministro en un período determinado).

b) Sistema eléctrico esencial.

Ambos sistemas son alimentados por medio del sistema normal de energía, sin embargo, el sistema eléctrico esencial es transferido al sistema de energía auxiliar si en algún caso llega a faltar el sistema primario (normal).

Sistema Eléctrico Normal (No esencial)

El sistema eléctrico no esencial consiste en la distribución de energía eléctrica del sistema normal a cargas que no son esencialmente necesarias para la seguridad eléctrica en pacientes o para la operación del área crítica, como por ejemplo: corredores no esenciales, zonas de parqueo, etc.

Sistema Eléctrico Escencial

Este sistema esta constituido de una o varias fuentes de energía de emergencia, dispositivos de transferencia, equipos de distribución y elementos que aseguren el

suministro de energía a determinadas cargas que su demanda es esencial para el cuidado del paciente y un buen funcionamiento de áreas críticas.

Para hospitales, el sistema eléctrico esencial es subdividido en dos sistemas:

1. Sistema de emergencia (Auxiliar)
2. Sistema de equipos.

2.1.2.1. Sistemas de Emergencia

Esta compuesto de dos ramas definidas, la seguridad del paciente y una rama crítica.

Esta consiste en la distribución de equipo y circuitería, incluyendo transferencia automática de equipos que se requiere mantener su carga aún con la supresión de la energía eléctrica, realizando la transferencia de esta a la fuente de emergencia.

Según la norma de ANSI (NFPA Std. 99-1984) y la ANSI (NEFA 70-1984). Dichas normas requieren que todos los hospitales tengan un sistema auxiliar de energía (Generador, banco de baterías, etc), para suministrar electricidad a las áreas del hospital, donde la energía eléctrica es esencial para la seguridad del paciente.

Estos ramales del sistema eléctrico tienen que ser instalados y conectados al sistema auxiliar de energía, y en caso que suceda una interrupción tiene que ser restaurado para seguir funcionando dentro de un intervalo de 10 segundos después de la interrupción. Posteriormente se discutirán los criterios de este tiempo.

2.1.2. Sistemas de Equipos

Consiste primordialmente de tres etapas de distribución de equipo y circuitos, incluyendo retardos automáticos, o dispositivos de transferencia manual para el suministro de energía eléctrica a equipos esenciales para la operación afectiva de los mismos, como se define en la norma ANSI/NFPA 90-1984, Capítulo 8. La cual describe los sistemas esenciales eléctricos para el cuidado de áreas críticas.

2.2. Requerimientos para el suministro de energía eléctrica a un hospital.

Para el suministro de energía eléctrica a un hospital se requieren dispositivos de uso específicos que son:

- a) Subestación (Transformadores)
- b) Central de control de motores. Tablero de interruptores.

- c) Central de transferencia automática
- d) Elementos de protección
- e) Generadores
- f) Tablero de control general
- g) Fuentes de energía aisladas

2.2.1. Subestaciones Eléctricas

Un sistema eléctrico de potencia se puede dividir en tres partes:

- Generación
- Transmisión
- Distribución

Los sistemas de distribución tienen por sí mismos una gran importancia económica, aquí en nuestro país especialmente, representando una inversión que debe planificarse y ser construida cuidadosamente. Una definición de un sistema de distribución desde el punto de vista técnico comprende: La subestación de potencia, el sistema de subtransmisión, la subestación de distribución, el alimentador primario, la subestación de servicio

(Transformadores de distribución), las líneas secundarias y las acometidas de servicios.

Estos elementos son principalmente aplicables a todos los circuitos de distribución, independientemente de las dimensiones que se hacen de dichos sistemas, como son:

1. Por el tipo de carga:

Residencial, comercial e industrial, en nuestro caso Hospitales.

2. Por el tipo de conexión del sistema:

Áterrizado y aislado.

En la figura 2.1. se muestra un esquema general que ilustra las partes del sistema de distribución y la función que cada una de ellas lleva cabo, en donde:

a) Subestación de potencia:

Recibe la energía del sistema de transmisión transformándola al voltaje de subtransmisión.

DISTRIBUCION DEL SISTEMA ELECTRICO

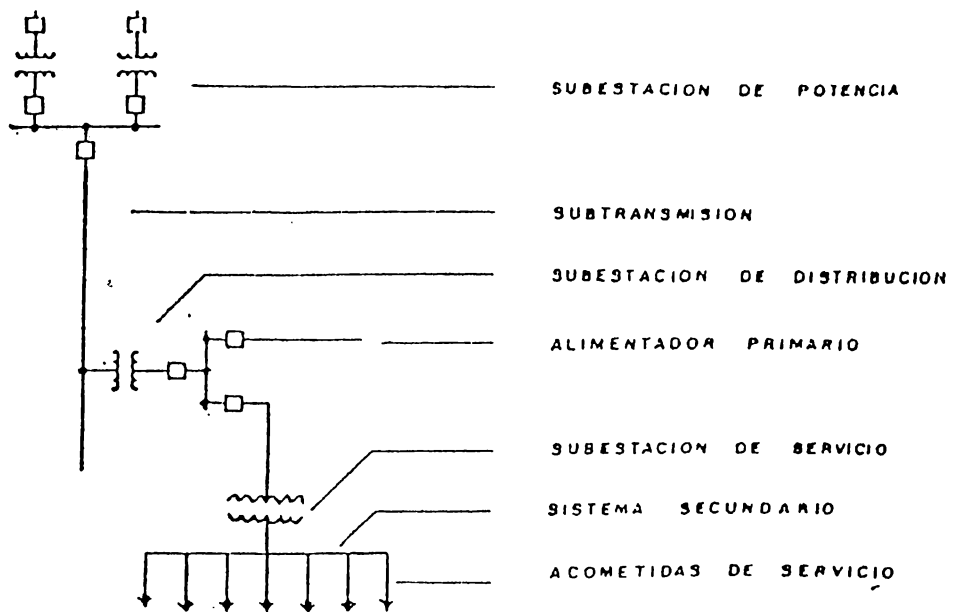


Fig. # 2.1.

b) Sistema de Subtransmisión:

Este circuito se origina en la sección anterior, y supe de energía a la subestación de distribución.

c) Subestación de distribución:

Recibe la potencia del sistema de subtransmisión y transforma al voltaje de alimentación primario.

d) Alimentador Primario:

Suministra flujo de potencia a la subestación de servicio a voltaje de alimentación primario.

e) Subestación de servicio:

Transforma la enegía que se le suministra, de voltaje de alimentación primario a voltaje de distribución secundario o voltaje de consumo.

f) Sistema secundario:

Distribuye energía a voltaje de consumo desde la subestación de servicio hasta el consumidor.

g) Acometidas de servicios:

Lleva al consumidor la energía distribuida por el sistema secundario.

2.2.1.1. Transformadores

Toda conexión de los sistemas de distribución, dependiendo si tienen o no referencia a tierra pueden ser respectivamente: aterrizados o aislados.

a) Sistemas aterrizados

Es aquel que tiene como referencia de voltaje sus fases el potencial de tierra, el o los puntos de aterrizaje se realizan mediante redes de tierras y/o polos tierra.

b) Sistemas Aislados

Es el que no tiene referencia directa a tierra, la diferencia de potencial entre el neutro del sistema y tierra depende de la reactancia de magnetización de las bobinas de los transformadores conectados en el sistema.

Uno y otro sistema presenta sus propias ventajas y desventajas, así entre las ventajas del sistema aterrizado están:

- El nivel de aislamiento de las bobinas de los transformadores se conectan entre línea y tierra y sólo se necesita un corto-circuito y un pararrayos para protegerlos.

-- Presenta mayor tolerancia a las cargas desbalanceadas en el servicio trifásico, ya que existe un camino de retorno para la corriente de desbalance.

La principal ventaja del sistema aislado es que las fallas, en su mayoría, no son tan severas como en el sistema aterrizado.

Los principales sistemas aterrizados son los conectados en estrella y , en sus diversas variantes que son:

1. Estrella aterrizado en la subestación.

Tiene la trayectoria de retorno de neutro a través de tierra, por lo que presenta el inconveniente que hay mayor caída de voltaje en el neutro del sistema.

(Fig. 2.2. a)

2. Estrella aterrizado en la subestación con neutro corrido.

Se polariza en la subestación y se envía un hilo de neutro a través del circuito, a lo que se le llama "neutro corrido".

Este sistema tiene pequeñas variaciones en el nivel de voltaje de referencia, debidos a la caída de voltaje en el neutro (Fig. 2.2.b)

3. Estrella aterrizado en la subestación con neutro y multiaterrizado.

Además de polarizarse en la subestación del neutro (corrido), se va aterrizando a lo largo de su trayectoria, este sistema es el más

utilizado por presentar las mejores condiciones de estabilidad del voltaje de referencia, además de varias trayectorias a tierra para el drenaje de fallos (Fig. 2.2.c)

4. Sistema Zig-Zag.

El comportamiento de este sistema es parecido al del sistema aterrizado, con sus variaciones.

Su uso principal es el de dar una referencia a tierra a partir de la subestación de un sistema aislado, cuando el nivel de voltaje en ambos sistemas es el mismo, por lo que se le conoce como conexión o sistema de tierra.

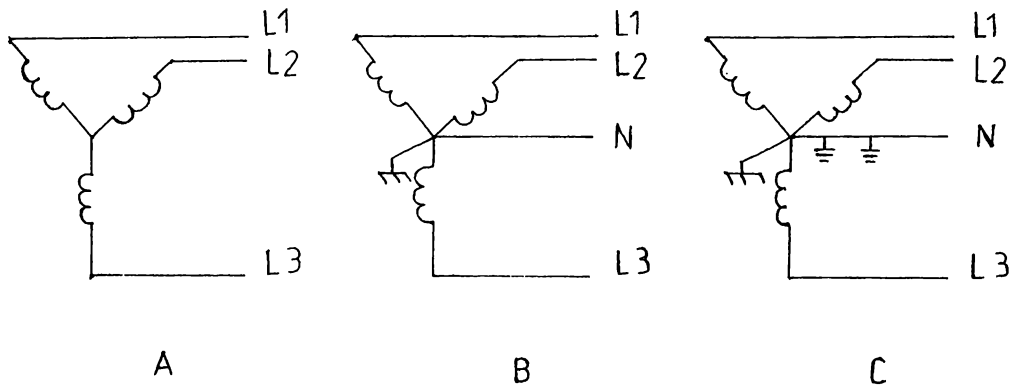


Fig. 2.2. Variantes del Sistema Estrella (Y)

Dentro de los sistemas aislados se tienen dos tipos:

- a) El delta aislado
- b) Estrella aislado

Delta Aislado ():

Su principal característica es que no se tiene referencia a tierra, por lo que para el servicio de cargas monofásicas es necesario conectarlos entre fases; debido a esto, para proteger el equipo conectado a la línea se necesita un juego más de pararrayos y corto-circuitos que es necesario en el sistema aterrizado.

Estrella Aislado (Y):

El comportamiento de este sistema es similar al circuito anterior. En ambos sistemas debe tenerse la preocupación de utilizar transformadores que tengan un aislamiento igual o superior al voltaje entre fases del sistema.

2.2.2. Circuitos Ramales:

Son conjuntos de conductores de un sistema entre el equipo de la acometida y el elemento protector del circuito derivado contra la sobrecarga.

En instalaciones grandes, las exigencias de corrientes son tales, que posiblemente no se puede volver a llenar cada circuito derivado a un punto común en la acometida; en su lugar van los alimentadores desde la acometida a los tableros principales de distribución.

2.2.3. Central de transferencias (Automático - manual).

En el área comercial, de servicios, industriales y en especial, en la hospitalaria, es indispensable la continuidad del fluido eléctrico, para lo cual, se requiere de instalaciones y dispositivos que proporcionen la energía eléctrica cuando la compañía encargada de suplirla no puede hacerlo.

Por las actuales condiciones del país, la continuidad del servicio eléctrico ha sufrido serios daños, razón por lo cual estos sistemas han adquirido mayor importancia.

En condiciones anormales de suministros de energía eléctrica, se recurre a fuentes alternativas de generación, estos pueden ser de diversos tipos como:

- Unidades accionadas con motores de combustión interna

- Sistemas respaldados por bancos de baterías u otros.

Cuando un establecimiento hospitalario es objeto de una falla del servicio eléctrico, debe poseer un elemento o varios elementos encargados de direccionar el flujo de energía, o sea, de alimentar la instalación con el servicio normal, si este se encuentra en buenas condiciones, o con la fuente auxiliar, cuando falla el servicio normal, el dispositivo será capaz de aislar ambos sistemas. Denominamos a este proceso transferencia y el dispositivo capaz de realizarlo se llama interruptor de transferencia.

La aplicación de los sistemas de transferencia en áreas hospitalarias debe de poseer características eléctricas muy especiales. Las principales características que un sistema de este tipo debe poseer son:

1. Tipo de carga a transferir

2. Rango de voltaje
3. Rango de corriente continua
4. Rangos estandarizados de corrientes de fallas y sobre cargas
5. Tipos de elementos de protección para sobrecorrientes de los sistemas de transferencia
6. Monitorización de la fuente
7. Retardos de tiempo
8. Señales de control del salidas/entradas
9. Mecanismos de los interruptores principales
10. Consideraciones de protección para fallas a tierra
11. Sistema operativo

12. Operaciones de los interruptores de transferencia no automática

13. Sistema de transferencia múltiple versus sistema de transferencia serial

2.2.3.1. Tipo de carga a transferir

Según la ANSI/UL 1008-1983, los tipos de cargas en las áreas hospitalarias se clasifican de la siguiente forma:

a) Carga total del sistema

b) Carga de motores

c) Cargas del sistema de alumbrado

d) Cargas resistivas

e) Cargas del sistema de descarga

Los requerimientos de la Underwritten Laboratories (UL), con respecto a los interruptores de transferencia, deben ser capaces de soportar la carga del hospital. El literal (a) indica que los interruptores de transferencia deben de ser capaces de funcionar con todas las especificaciones mencionadas anteriormente (b - e).

Algo que se debe tener muy en cuenta, es que los sistemas de alumbrados no deben de exceder según la UL, en unos 30% de su carga total; a menos que los interruptores de transferencia sea capaz de transferir el porcentaje total de todo el sistema de las lámparas incandescentes. La mayoría de estos sistemas son capaces de transferir toda la carga.

Otro tipo de carga que se encuentra en las áreas hospitalarias, es la transferencia de la carga de motores, dos etapas muy especiales deben considerarse para ser aplicadas en el diseño del sistema, cuando la carga de motores debe ser alimentada para un sistema de emergencia.

a) Como evitar los posibles daños que pueden causar la transferencia de carga a los motores o equipos relativos, cuando estos están conectados entre dos fuentes de energía que no están sincronizadas.

b) Como proteger la carga del motor a transferir y retardar la conexión para prevenirla sobre la carga de la fuente de energía a la cual se realizará el cambio.

Es muy peligroso el cambio de una fuente de energía a otra, ya que, los motores o equipos semejantes pueden resultar seriamente dañados e incluso las fuentes de energía pueden sufrir daños graves.

Para evitar estos problemas existen varios métodos de control, los cuales son:

- a) Transferencia en fase
- b) Circuito de control de conexión de carga de motores
- c) Transferencia de transición cerrada.

2.2.3.2. Rangos estandarizados de corrientes de fallas y sobrecargas.

Los interruptores de transferencia son a menudo expuestos a cor-

corrientes picos que sobrepasan los niveles estandar que estos poseen.

La capacidad de los interruptores de transferencia de manejar estas corrientes es dado por los rangos de corrientes de falla y sobrecorriente.

2.2.3.3. Dispositivos de proteccion de interruptores de transferencia

Estos dispositivos juegan un gran papel en la transferencia de energía, ya que ellos se encargan de proteger los interruptores de transferencia.

En la sección 2.2.4., se habla de estos dispositivos.

2.2.3.4. Monitoreo fuente

Las tablas de control poseen dispositivos en los cuales monitorean (controlan) las fases del voltaje de línea. Por ejemplo, para una fase del sistema, el voltaje es monitoreado línea a línea. Para sistemas de 3 fases (trifásico) las fases son monitoreadas constantemente.

Si existe en un momento determinado un desbalance de alguna fase en el instante de funcionamiento de algún equipo éste puede variar sus características y en casos extremos causar problema en el desenvolvimiento de el tratamiento al paciente.

Para estos casos hay equipos en los cuales controlan o monitorean estas señales, si existiese un problema de ésta índole, el dispositivo en este caso ordenaría al sistema auxiliar que inicie su

marcha normalizando el sistema, proporcionando de esta manera un servicio constante y seguro.

Al realizarse una operación de transferencia se debe de seguir una secuencia razonable, cumpliendo por lo menos los siguientes pasos:

- a) Encendido y calentamiento de la unidad de emergencia.
- b) Apertura de la acometida primaria que supe al hospital (nuestro caso específico)
- c) Transferencia de carga hacia la unidad de emergencia.

Al restablecer la alimentación de la energía, debe realizarse la operación inversa o retransferir los sistemas.

2.2.3.5. Temporización.

La secuencia de las maniobras a realizar debe de cumplir algunos requisitos de tiempo que están determinados ó bien por las características físicas de la unidad ó para alcanzar una máxima eficiencia en el procedimiento.

Hay varios tiempos de retardos en módulos de control, entre ellos mencionamos:

- a) Al producirse una falla se hace necesario esperar un intervalo de tiempo antes de encender la unidad de emergencia.

Este retardo se da ya que no desea encender la unidad antes de una falla de muy corta duración.

Así, se definirá un tiempo mínimo para el cual una falla se considera como permanente.

b) Una vez encendido el generador auxiliar es necesario dar un tiempo de calentamiento y estabilización de tensión, antes de que pueda llenarse a la carga, es un requerimiento proporcionado por el fabricante.

c) Al regresar al sistema primario de línea, es recomendado esperar un tiempo prudencial a manera de permitir la estabilización del sistema antes de que se le transfiera la carga.

d) Una vez hecha la transferencia al sistema de distribución normal es necesario esperar un tiempo para que la unidad de emergencia pueda disipar el calor absorbido durante el período que estuvo operando

este tiempo; también es sugerido por el fabricante, teniendo el criterio propio el usuario del equipo.

Los tiempos mencionados anteriormente producidos por temporizadores, proporcionan retardos para gobernar las operaciones de encendido, transferencia, retransferencia y apagado, aún puede sensar fallas en equipos de distribución ó conexión. Siendo una forma muy confiable para el control de los sistemas auxiliares de energía eléctrica.

Para una mejor comprensión se presenta un ejemplo práctico de falla de energía eléctrica, utilizando las señales de control de un SIMATIC, 3WE. Además los tiempos se proporcionan en un diagrama de tiempo.

Interruptor 3WE

- T₁ : Conexión de K₁
- T₂ : Arranque de Planta
- T₃ : Enfriamiento de Planta
- T₄ : Conexión de K₂
- T₅ : Retorno de Red (CAESS)
- T₆ : Confirmación de k₁
- T₇ : Confirmación de K₂
- T₈ : Confirmación de Planta.

Además para una mejor presentación el diagrama de tiempos reales de un controlador Simatic es presentado para una mejor comprensión del problema.

Se tiene al servicio de CAESS proporcionando la energía eléctrica, hay una interrupción del voltaje de red, luego, de suceder el corte un tiempo (T₂) da la orden que el generador se deberá encender; transcurre un tiempo (T₈), este confirma al generador que debe arrancar.

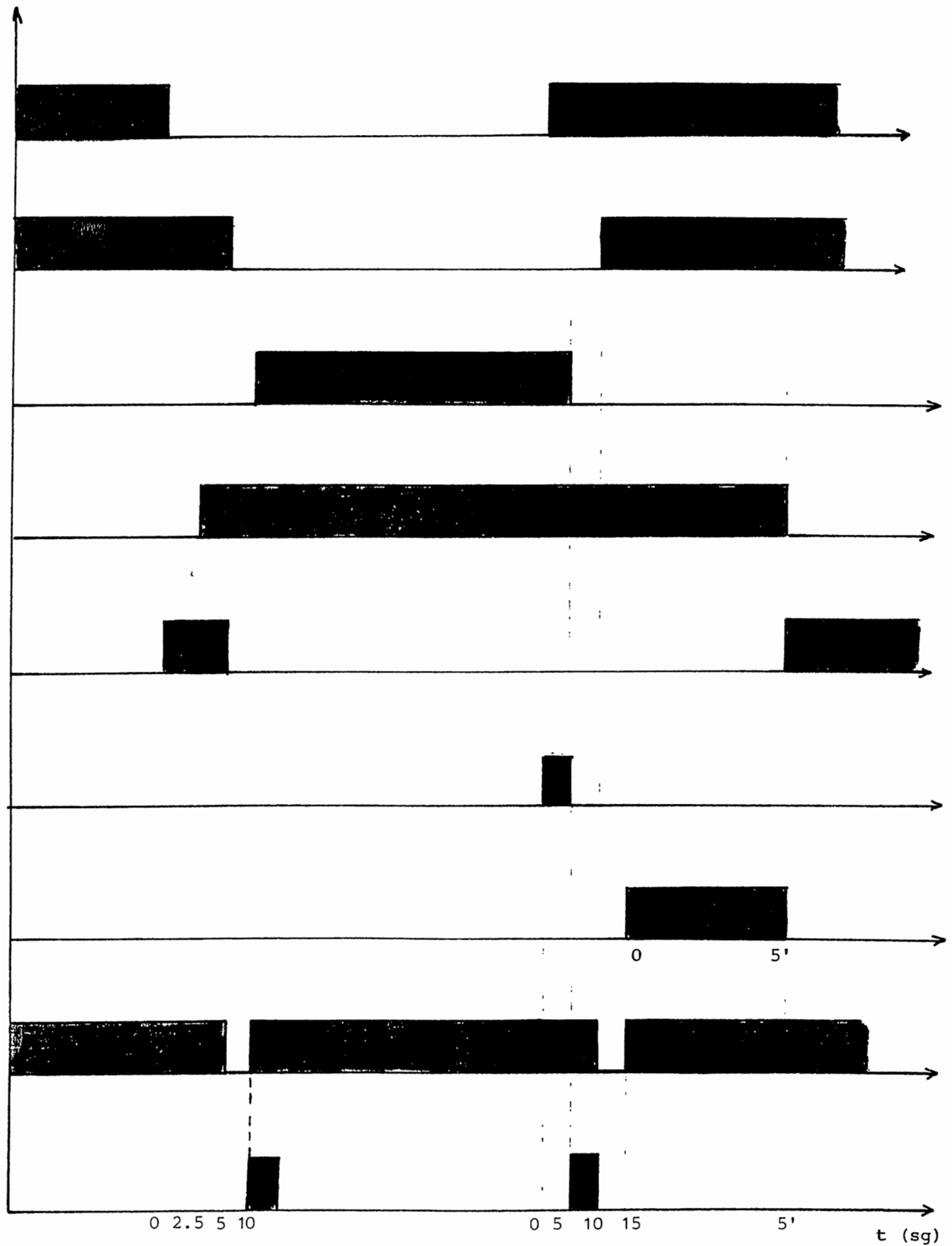
A la vez estabiliza el voltaje del generador para luego dar la orden a (K_1) que desconecte un tiempo (T_4) ordena la conexión de (K_2) proporcionando de esta forma la energía auxiliar al centro hospitalario.

Posteriormente, que CAESS (Sistema Primario) entra en la red, hay un tiempo (T_5) de retorno de red que desconecta el interruptor de planta (K_2).

Un tiempo (T_1) conecta el interruptor de red (K_1) y después de un tiempo (T_3) de enfriamiento de planta se apaga ésta.

A continuación se presentan los tiempos más frecuentes de utilización en una Transferencia, Retransferencia y Apagado de planta :

DIAGRAMA DE TIEMPO PARA UN SIMATIC (3 W E)



Para T_1 : Conexión de K_1 , 10 sg.
 T_2 : Arranque de Planta, 2.5 sg.
 T_3 : Enfriamiento de la Planta, 2-5 minutos
 T_4 : Conexión de K_2 , 10 sg.
 T_5 : Retorno de Red (CAESS), 2-5 min.
 T_6, T_7, T_8 : Son tiempos de confirmación, usualmente 5 sg.

2.2.4. Elementos de Protección

En toda línea de distribución eléctrica es fundamental el uso de protección para proporcionar un servicio más continuo, estable y seguro para el consumidor. En efecto, el voltaje de la línea de distribución debe estar aislado de tierra y del resto del sistema, por lo que el equipo conectado a la línea y la línea misma, deben tener un nivel mínimo de aislamiento que les permita una adecuada operación.

Es así como los objetos y dispositivos en contacto directo con la línea, se fabrican o recubren de materiales aislantes especiales como porcelana, vidrio y fibras epóxicas, como es el caso de aisladores, bushing de transformadores, de reconectores, etc. En el anexo 4, se presentan algunos de estos dispositivos que se mencionan, para tener una clara visión del dispositivo; como también algunas de sus características.

Por otro lado, el voltaje de la línea se ve grandemente afectado por fenómenos tales como los rayos, que provocan sobrevoltajes de gran valor y corta duración; el aislamiento de todo el equipo así como el de los aisladores de la línea debe ser suficiente para soportar este breve pero destructivo sobrevoltaje sin dañarse, evitando así, chispas o fallas francas de la línea afectada. Para verificar el buen funcionamiento de los dispositivos se les hacen pruebas periódicas para mantener su confiabilidad y a la vez evitar cualquier problema que pueda llevar, alguna falla de estos.

Todo dispositivo de protección está capacitado para soportar un valor pico de la onda de falla, a este valor pico se le llama "Nivel Básico de Impulso de aislamiento" (BIL) del equipo y está definido para una onda de voltaje que logra su valor máximo en 1.5 millonésimas de segundo ($1.5 \mu\text{s}$) y decae al 50% de su valor máximo en $40 \mu\text{s}$. Es decir, el BIL es el voltaje máximo que el aislamiento de todo dispositivo de protección puede resistir sin que se produzca chispa o fallas en él.

Para cada nivel de voltaje se han establecido estándares de BIL, los cuales se usan para el diseño de todo equipo que se conecta al sistema, la tabla 2.1. muestra estos valores.

NIVEL DE VOLTAJE (kv)	B I L (kv)
1.2	30
2.5	45
5.0	60
8.7	75
15.0	110
23.0	150
34.5	200

TABLA 2.1.

Estandares del BIL para diversos
niveles de voltaje

El equipo a ser conectado deberá tener un BIL (dado por el fabricante) superior al BIL del sistema en que está operando.

Un ejemplo es el siguiente; para una línea de distribución de 23 KV que tiene un BIL (del sistema) de 150 KV, se necesita que el equipo a conectarse tenga un BIL al menos de 150 KV, para que la línea opere con seguridad.

Los dispositivos de protección que permiten una operación segura del sistema, por el tipo de protección que brindan, se clasifican en:

- Dispositivos de protección contra sobrevoltaje

- Dispositivos de protección contra sobrecorriente

2.2.4.1. Dispositivos de protección contra sobrevoltaje

Las causas principales son:

- Descargas atmosféricas (rayos)
- Transientes de alta frecuencia
- Fallas en la línea
- Inducción causada por circuitos cercanos
- Sobrevelocidad de los generadores
- Contacto en circuitos de mayor voltaje

En general, el rango de protección contra sobrevoltaje está determinado por las descargas atmosféricas como límite superior y por fallas en la línea como límite inferior.

Como es sabido, hay diversos dispositivos para lograr una adecuada protección, sin embargo, en líneas aéreas se utilizan casi exclusivamente los pararrayos. En instalaciones eléctricas hospitalarias es recomendable que los tipos de protección contra descargas atmosféricas estén presentes evitando de esta manera cualquier falla.

2.2.4.2. Pararrayos

La función básica de un pararrayos es el proveer un camino de baja impedancia a tierra, cuando en la línea existan sobrevoltajes, y luego, cerrar ese camino cuando el sobrevoltaje haya desaparecido, permaneciendo en este estado siempre que la línea continúe en condiciones normales.

Se logra de la siguiente forma:

- Colocando dentro del pararrayos una serie de aberturas, las cuales se vuelven conductoras en presencia de sobrevoltajes.

- Uniendo las aberturas un material que lleve al pararrayos a la condición de aislamiento en ausencia de sobrevoltajes.

Este proceso se logra de dos formas distintas:

a) Tipo expulsión.

La interrupción de la corriente de arqueo, se logra por la acción de un gas expelido por un material colocado en las aberturas.

b) Tipo válvula.

La corriente de chispa se elimina utilizando un material que varía su resistencia con el voltaje aplicado a él (a mayor voltaje, menor resistencia).

Se prefiere usar el pararrayos tipo válvula por ser más versátil y tener mejores características de operación que el tipo expulsión.

Clasificación de los pararrayos:

Para voltajes superiores a un K_v , los pararrayos pueden clasificarse por el lugar donde serán utilizados, se tienen:

a) Tipo lineas

Son livianos, de fácil montaje y costo moderado, se fabrican para voltajes de hasta 72 K_v.

b) Tipo Subestación

De construcción más pesada, con gran capacidad de rehabilitación a las descargas y mejores características de operación que el tipo de linea.

Las características de operación de todo pararrayo se ve afectada por la altitud geográfica, debiendo usarse un pararrayos especial llamado "Intermedio" para alturas superiores a los 1800 Mts.

Selección de pararrayos

Se deben seleccionar de manera que reduzcan todo sobrevoltaje a un nivel tal, que todo el equipo conectado a la línea y la línea misma no sufran daño alguno por causa de dicho sobrevoltaje. Para la selección se debe tomar en cuenta:

- a) Voltaje nominal del sistema en que opera

- b) Condiciones de aterrizajes del sistema, sea éste aterrizado o no, siempre aparecen pequeños sobrevoltajes al ocurrir una falla, que no deben poner en operación al pararrayos, ya que la magnitud de estos es dependiente de las condiciones de aterrizaje del sistema, (aislado, multiaterrizado, efectivamente aterrizado,- etc).

c) Rango de voltaje, determinado por el mayor voltaje que puede soportar el pararrayos sin dañarse.

d) Altitud de la zona de operación, la cual es determinante para escoger el tipo adecuado, ya sea normal (tipo líneas o subestación) o tipo intermedio.

Las tablas 2.2. y 2.3. muestran los rangos de voltajes de los pararrayos para cada tipo y nivel de voltaje de un sistema. Para instalaciones hospitalarias se ocupan los dos tipos de sistemas de pararrayos. El tipo líneas, el cual es utilizado en la protección directa de los tendidos de líneas, dado su facilidad de montar y el tipo de subestación, utilizado en la protección de subestaciones y de equipo muy delicado.

Los sitios donde se recomienda la instalación de pararrayos son:

- a) El líneas fuera de zonas urbanas, donde están más expuestos a descargas: Instalar un pararrayos por fase a distancia de 1 Km. entre sí.

- b) Si el equipo es de paso; como regulador de voltaje y otros: deberá colocarse dos juegos de pararrayos, uno antes y otro después del lugar donde están instalados.

Si el equipo está conectado en derivación como transformadores o capacitores, bastará con colocar el pararrayos a la entrada de alimentación de éste.

c) En acometidos subterráneos; habrá de colocarse un juego de pararrayos a la entrada y otro a la salida de éste, pudiendo ser éste último de menor rango de voltaje que el primero, por ejemplo, para una acometida debe tener un rango de 18 K \checkmark nominales. Pudiéndose utilizar uno de 18 K \checkmark o uno de 15 K \checkmark .

2.2.4.3. Dispositivos de protección contra sobre-corrientes

La condición de sobrecorrientes en un sistema de distribución puede ser provocado por:

a) Contacto entre sí de dos o más líneas

- b) Contacto entre una o más líneas y tierra.

Cuando en un sistema ocurre una falla, la energía del mismo se drena hacia y por la falla, y si la corriente que se produce en esta condición no se interrumpe, puede provocar serios daños al sistema y al consumidor tal como incendios, suspensión del servicio, destrucción del equipo, etc. En fin daños considerables al hospital y sus instalaciones.

El equipo de protección utilizado para solventar estas dificultades debe ser capaz de soportar y eliminar la corriente de falla sin destruirse ni dañarse; así, los dispositivos más utilizados son:

a) Interruptores

Usualmente comandados por relés que son los que se encargan de detectar la falla

b) Reconectores (Reclosers)

Su función es la detección y desconexión de la falla, seguida de una o más reconexiones (de ser necesario) los cuales también están sujetos a detección.

c) Fusibles

Los cuales al detectar una falla se funden provocando la desconexión de ésta.

Los interruptores y desconectores son utilizados por las compañías de servicios y generadoras, para la protección del sistema. Los fusibles son los más versátiles y económicos así como los más usados.

RANGOS DE VOLTAJE DE PARARRAYOS RECOMENDADOS PARA CIRCUITOS
DE DISTRIBUCION, CUATRO HILOS MULTIATERRIZADO

Voltaje Nominal del circuito (Kv)	Máximo Voltaje de operación (Kv)	% de Protección requerido *	Rango Teórico del pararrayo (Kv) **	Pararrayo Recomendado (Kv)
4.16 Y/2.4	4.4 Y/2.54	67	3.0	3
8.38 Y/4.8	8.8 Y/5.1	67	6.0	6
12. Y/6.93	12.7 Y/7.3	70	8.9	9
12.47 Y/7.2	12.8 Y/7.5	70	9.0	9
12.47 Y/7.2	13.2 Y/7.62	70	9.25	10
13.2 Y/7.62	14. Y/8.1	70	9.8	10
13.8 Y/7.97	14.5 Y/8.4	70	10.1	10
20.8 Y/12	22. Y/12.7	72	15.9	18
22.9 Y/13.2	24.2 Y/14	72	17.4	18
24.9 Y/14.4	25. Y/14.5	72	18.0	18
24.9 Y/14.4	25.4 Y/15.2	72	19.0	21
34.5 Y/19.9	36.5 Y/21.1	72	26.3	27

TABLA 2.2

* La experiencia ha demostrado que el 68% de protección puede ser usado en Sistemas arriba de 24.9 Kv, donde la resistencia de tierra puede mantenerse baja.

** Obtenido de multiplicar el máximo voltaje de operación por el porcentaje de protección.

RANGOS DE VOLTAJE DE PARARRAYOS RECOMENDADOS PARA CIRCUITOS
DE DISTRIBUCION EN TRES HILOS

Volta- je No- ninal. (Kv)	Máxi- mo vol- taje (Kv)	Circuitos Aterrizados		Circuitos Aislados	
		Porcenta- je de pro tección.	Rango Teó- rico del - pararrayo. (Kv)*	Pararra- yo reco- mendado (Kv)	Pararrayo recomendado (Kv)
2.40	2.54				3
4.16	4.40	80	3.50	6	6
4.80	5.10				6
6.90	7.26	80	5.80	6	9
13.80	14.50	80	11.60	12	15
23.00	24.30	80	19.50	21	27
34.50	36.50	80	29.20	30	37

TABLA 2.3

** Obtenido de multiplicar el máximo voltaje de operación por el porcentaje de protección.

C A P I T U L O N º 3

**3.1. RECOMENDACIONES NORMATIVAS PARA INSTALACIONES
ELECTRICAS EN AREAS CRITICAS HOSPITALARIAS.
CONDICIONES DE SEGURIDAD.**

Introducción:

El propósito de estas recomendaciones es proteger a las personas que están involucradas directa o indirectamente en las áreas críticas de un hospital, siendo estas:

- El Quirófano
- La Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)
- Sala de recuperación

A menudo existen riesgos a causas de sobrecargas, corrientes de fuga o fallas en el sistema eléctrico que se haya instalado en desacuerdo a manuales de fabricante o normas.

Se cubrirá lo concerniente a subestaciones y plantas de emergencia, conductores, luminarias, sistemas a tierra, etc; tomando en consideración los temas mencionados anteriormente.

Definiciones

3.1.1. Conceptos de Ambiente Hospitalario

3.1.1.1. Sala de Operaciones (Quirófanos)

Es una sala del hospital en la cual el paciente es sometido a una intervención quirúrgica o cirugía mayor.

En ella se encuentran una gama de equipos e instalaciones tanto eléctricas o de gases. La distribución de los equipos está de acuerdo al área de circulación para el personal médico.

Esta, generalmente tiene dos puertas, una que comunica con el área estéril y otra con la contaminada (no estéril); la localización de la mesa de operaciones define la ubicación del médico, esta al lado derecho del paciente.

En ésta área es instalado el negatoscopio, un módulo de tomacorrientes con las puestas a tierra tipo grado hospitalario, para la conexión de aparatos de electromedicina; a la cabeza del paciente se instala un módulo de tomacorrientes y a éste es conectado los monitores de los equipos de anestesia; todo el personal auxiliar es ubicado a la izquierda del paciente.

Esta área cuenta con instalaciones de tomacorrientes para equipos Rayos X móviles o equipos de esterilización de salas. El nivel de iluminación en los quirófanos es muy crítica, las luminarias utilizadas pueden ser fluorescentes o incandescentes, dependiendo de la instalación que se designe.

3.1.1.2. Unidades de Cuidados Intensivos (UCI):

Área hospitalaria en la cual se reúnen todos los pacientes en estado crítico, que requieren cuidados médicos y de enfermería mucho mayores.

Tanto los médicos y enfermeras son debidamente entrenados para atender y vigilar a los pacientes que se encuentran internados en esta sección, con equipo de monitorización continua.

Dentro de esta unidad es conveniente que una enfermera cuide a no más de dos pacientes por turno siendo ocho el número ideal de pacientes para una UCI y doce el máximo aceptable.

La UCI de acuerdo a sus funciones se clasifican en diferentes categorías:

1. Unidades de cuidados coronarios
2. Unidades de cuidados intensivos quirúrgicos
3. Unidades de cuidados intensivos respiratorios
4. Unidades de cuidados intensivos pediátricos
5. Unidades de cuidados intensivos recién nacidos
6. Unidades de cuidados intensivos multidisciplinarios, conocido como unidad de cuidado intensivo general

La unidad de cuidado multidisciplinario, es una unidad en la cual se reúnen los tipos de UCI más frecuentes que existen en nuestro país.

La mayoría de las UCI que funcionan en hospitales gubernamentales y privados son del tipo multidisciplinario o generales.

Dentro de las características de las instalaciones eléctricas en la UCI se tiene:

1. Todas las partes metálicas y aparatos eléctricos cercanos al paciente y que puedan almacenar cargas electrostáticas, deben estar aterrizadas correctamente.

2. El sistema de polarización a tierra debe de estar en buena condición, con una resistencia menor de 1 Ohm para drenar corrientes de fuga de los equipos y cargas estáticas del personal.
3. Debe tener un sistema de llamada de enfermera por cama.
4. Según el artículo 517, sección 10 del NEC año 87, nos recomienda que todo receptáculo cuyo voltaje exceda los 100 voltios debe ser de 3 hilos y debe poseer un buen aterrizado.
5. Cada cama de paciente debe tener por lo menos 6 tomacorrientes de tres hilos a 110 voltios.

3.1.1.3. Paciente Eléctricamente susceptible:

Es un individuo tratado con un conductor eléctrico aterrizado, tal como una sonda, un catéter u otro electrodo conectado al corazón.

3.1.1.4. Areas de atención a pacientes críticos:

Es la sección (cuartos privados, salas comunes o porciones de salas comunes) dedicada al tratamiento de los pacientes gravemente enfermos.

3.1.1.5. Areas de pacientes eléctricamente susceptibles:

Es un lugar en una instalación de asistencia médica, donde se cuida colectivamente a los pacientes eléctricamente susceptibles.

3.1.1.3. Paciente Eléctricamente susceptible:

Es un individuo tratado con un conductor eléctrico aterrizado, tal como una sonda, un catéter u otro electrodo conectado al corazón.

3.1.1.4. Áreas de atención a pacientes críticos:

Es la sección (cuartos privados, salas comunes o porciones de salas comunes) dedicada al tratamiento de los pacientes gravemente enfermos.

3.1.1.5. Áreas de pacientes eléctricamente susceptibles:

Es un lugar en una instalación de asistencia médica, donde se cuida colectivamente a los pacientes eléctricamente susceptibles.

3.1.1.6. Instalación de asistencia médica:

Edificios o partes de edificios que se contienen, al menos parcialmente, guarderías, instalaciones para tratamiento generalizado, clínicas y consultorios de médicos y dentistas (no muy común).

3.2. Conceptos Eléctricos Fundamentales

En esta sección se definirán los sistemas eléctricos que están relacionados con las áreas hospitalarias.

3.2.1. Fuente de Energía Eléctrica de Emergencia:

Uno o más generadores, o sistemas de baterías que facilitan el suministro de energía eléctrica durante la interrupción del servicio de energía eléctrica normal.

3.2.2. Corta circuito :

Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios manuales y para abrir el circuito automáticamente a un valor determinado de corriente sin sufrir problemas por la sobrecorriente.

3.2.3. Sistema Anti-Explosivo :

Equipo colocado en una cámara que es capaz de evitar una explosión de un gas específico o vapor, el cual puede ocurrir y previene la ignición de un gas o vapor ubicado muy cerca de focos, flashes, etc.

3.2.4. Circuito Interruptor de Falla a Tierra :

Dispositivo que su función es la de interrumpir el circuito de la carga, cuando una corriente de falla a tierra excede algún valor predeterminado, el cual es menor que el requerido para operar el dispositivo de protección.

3.2.5. Sobrecorriente :

Cualquier corriente en exceso del valor del rango de corriente del equipo o la ampacidad de un conductor. Resulta de sobrecargas, cortos circuitos o fallas a tierra.

3.2.6. Sobrecargas :

Operación del equipo en un exceso de lo normal, carga total o el incremento de la ampacidad para su conductor, si persiste por un tiempo considerable, puede causar daños o recalentamiento. Una falla, como corto circuito o falla a tierra, no es sobrecarga.

3.2.7. Centro de Carga :

Tablero o grupo de tableros diseñados para ensamblar en ellos, bus de líneas, dispositivos automáticos para el control de luces, calentadores, circuitos de fuerza, diseñados para ser emplazados en gabinetes o cajas empotradas o colocadas contra la pared accesible solo del frente.

3.2.8. Ramal Crítico :

Un subsistema del sistema de emergencia, está constituido por alimentadores y ramales del circuito de emergencia para un grupo del sistema de iluminación, circuitos especiales de fuerza y receptáculos especiales para áreas seleccionadas y para secciones de cuidados de pacientes.

Siendo estos conectados al sistema de emergencia por uno o varios paneles de transferencia durante la interrupción de la alimentación eléctrica normal.

3.2.9. Sistema de Conexión a Tierra (Tierra Médica):

Se define como un sistema de conductores que proporcionan una vía de retorno de baja resistencia para corrientes de fuga y de falla. De esta manera, el sistema de conexión a tierra en sí previene y protege contra peligros de choque eléctrico.

3.2.10. Corrientes de fuga:

Puede definirse como toda corriente, incluyendo la corriente capacitivamente apareada que no se intenta aplicar al paciente pero que puede ser

conducida a partir de las partes de metal expuestas de un aparato a tierra o a otras partes accesibles del aparato.

3.2.11. Corrientes de Falla :

Se define como una conexión accidental entre un conductor cargado de energía y uno a tierra, que resulta de una instalación deficiente o de un inadecuado espacio entre los conductores. Un ejemplo sería un capacitor en cortocircuito. Esta situación es la más peligrosa de todos los casos.

3.2.12. Sistema de Energía Aislada :

En el sistema convencional, o normalmente aterrizado, uno de los dos conductores de energía (neutro) se conecta directamente a tierra en algún lugar del sistema de distribución de energía. Sin embargo, en el sistema de energía aislada se elimina ésta conexión directa. Debido a que ningún conductor de energía es conectado a tierra, ya no se tiene una línea "viva" y una "neutra" ahora se denominan línea 1 y 2.

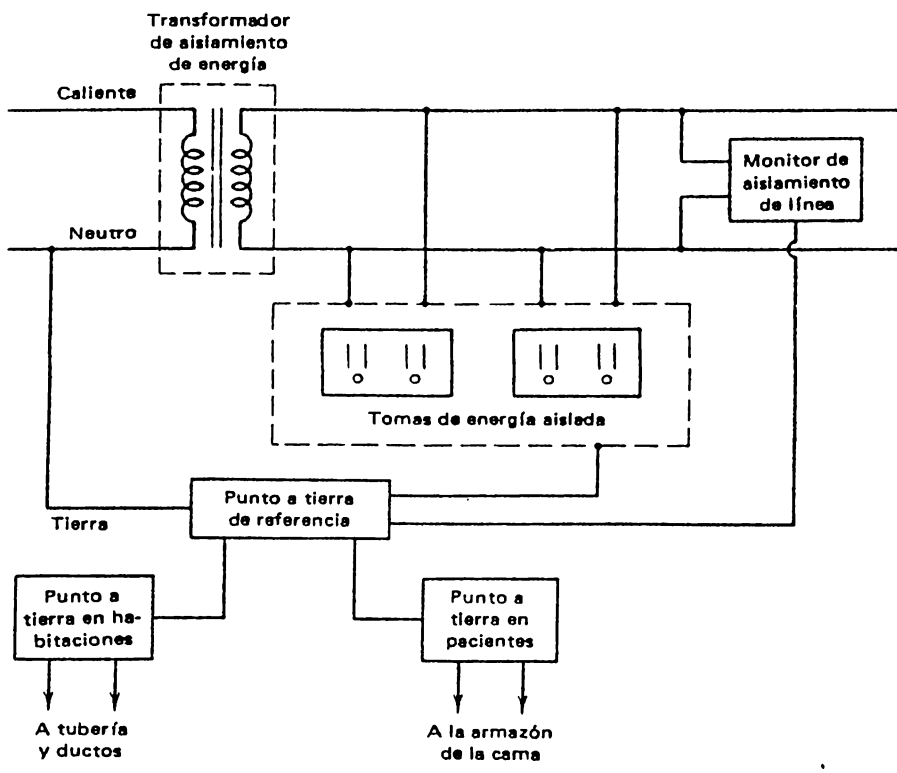
La corriente de cualquiera de las dos líneas sólo puede regresar a su fuente a través de la otra línea. Es decir, las superficies a tierra dejan de ser buenas vías para que la corriente regrese a su fuente. (Ver figura 3.1)

3.2.13. Transformadores de Aislamiento :

Son diseñados de tal manera que el devanado total tiene las bobinas del primario y del secundario separadas completamente una de otra para lograr un aislamiento óptimo.

Los materiales aislantes utilizados para la fabricación del transformador son clase H, capaces de soportar una elevación de temperatura ambiente de acuerdo a normas de prueba NEMA-ANSI.

Algunos fabricantes de transformadores de aislamiento limitan la elevación de temperatura a menos de 55 grados centígrados sobre la temperatura ambiente en condiciones de plena carga, aumentando de ésta manera la vida útil del sistema.



Sistema de distribución de energía aislada y puntos asociados de conexión a tierra y de enlace.

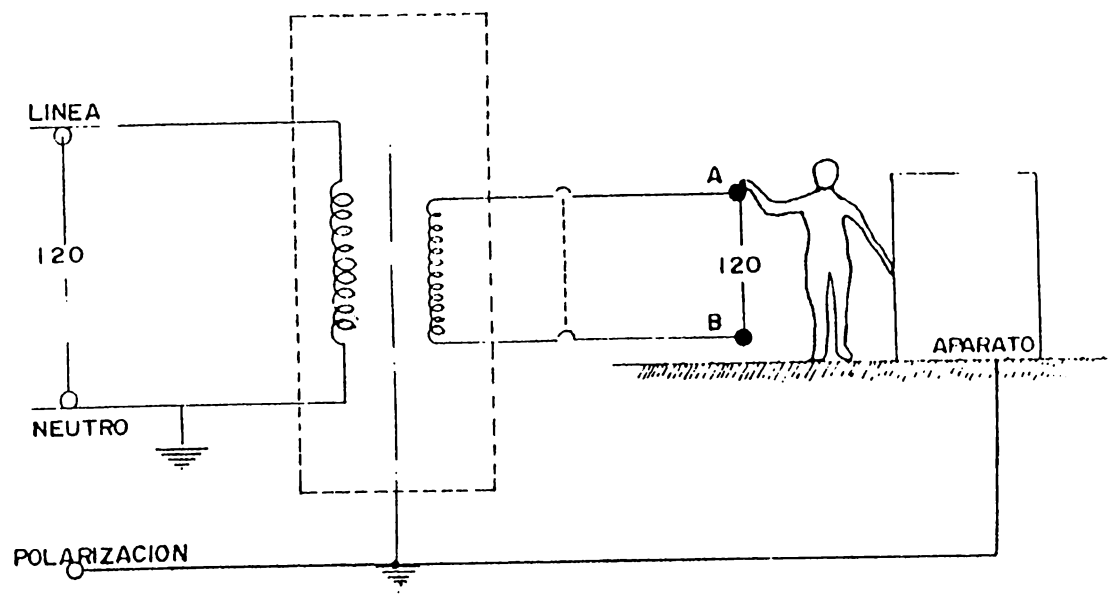


Figura 3.15 Transformador de Aislamiento

El núcleo y las bobinas deben estar impregnadas de barniz aislante y finalmente deben tener una capa envolvente de material aislante de tal manera que no existan partes conductoras de corrientes expuestas.

Todo transformador de aislamiento se recomienda que tenga una relación de 1:1, proporcionando un secundario que no este a tierra.

3.2.14. Monitores de Aislamiento de Líneas (LIM) :

El personal de la sala de operación debe saber cuando se ha alcanzado la calidad de aislamiento. Este es el propósito del monitor de aislamiento de línea, conocido como LIM.

Este predice la cantidad de corriente que fluirá si ocurre un corto directo entre cualquier línea y la tierra. En un sistema de energía aislada intacta, la corriente que fluye a través de tal corto circuito será pequeña.

El LIM es un medio para determinar que tan bien aisladas están las líneas de energía (1 y 2) de la tierra. Mientras más equipos se utilice, más

fácilmente se alcanzan los valores determinados para un LIM, incluso con equipos en adecuado funcionamiento.

3.2.15. Sistema de Alimentación de Continuidad Absoluta:

Es un sistema eléctrico independiente de la alimentación auxiliar, que suministra energía sin interrupción apreciable.

3.2.16. Sistema de Emergencia:

Es un sistema de alimentadores y circuitos ramales, (que cumplen con los requisitos de la norma NFPA 101-1970, que especifica donde el alumbrado de emergencia se considera esencial para la seguridad de la vida) conectados a una fuente de alimentación de reemplazo por un interruptor de transferencia y que suministra la energía estrictamente limitada al desarrollo de las tareas que son vitales para la protección de la vida y de la seguridad de los pacientes, y con previsión para restablecer el servicio dentro de los 10 sg. que siguen a la interrupción del suministro normal.

3.2.17. Sistema de Equipos:

Es un sistema compuesto de alimentadores y circuitos ramales, arreglado para la conexión con retardo automático o manual a la fuente de alimentación de reemplazo y que alimenta principalmente equipos de potencia trifásicos.

3.2.18. Sistemas Eléctricos Esenciales:

Sistemas constituidos por fuentes de alimentación de reemplazo, interruptores de transferencia, dispositivos de protección contra sobrecorriente, tableros de distribución, alimentadores, circuitos ramales, controladores de motores y todo el equipo eléctrico conectado, destinado a proporcionar la continuidad del servicio eléctrico en lugares especificados, durante la interrupción del servicio normal de energía y también diseñados para reducir los efectos de una interrupción repentina dentro del sistema interno de alambrado.

3.2.19. Ramal de Protección de la Vida:

Un subsistema del sistema de emergencia, que incluye alimentadores y circuitos ramales, que está destinado a suministrar la potencia adecuada que es requerida para la protección de la vida de los pacientes y del personal, y que puede estar conectado a una fuente de alimentación de reemplazo por uno o varios interruptores de transferencia.

3.2.20. Ramal de Defensa de la Vida:

El ramal de defensa de la vida del sistema de emergencia suministra potencia a puntos centrales de las áreas de pacientes eléctricamente susceptibles.

3.3. ABREVIATURAS PARA EL AREA ELECTRICA

Cuando en las presentes especificaciones técnicas, sean empleadas, se les dará el significado que a continuación se describe:

AWG	:	America Wire Gange
ASA	:	America Standar Association
ANSI	:	American National Standars Institute
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronic Engineers
DERM	:	Dirección de Energía y Recursos Mineros
NFPA	:	National Fire Protection Association
NEC	:	National Electric Code
NEMA	:	National Electric Manufactures Association
UL	:	Underwrites Laboratories Inc.

DIN : Deutchen Internal Norman.

AHA : America Hospital Association

3.4. NORMAS PARA SUBESTACIONES HOSPITALARIAS

3.4.1. Un sistema eléctrico esencial debe poseer como mínimo dos fuentes de energía:

- Una fuente normal que alimenta toda el área hospitalaria, y

- Una fuente auxiliar utilizada cuando la fuente normal falla o es interrumpida.

3.4.2. Los transformadores deben estar colocados en un lugar de fácil acceso para su inspección o mantenimiento.

3.4.3. Cada sistema de emergencia y sistema de equipo debe tener capacidad y régimen adecuado para el funcionamiento de todo el alumbrado y de los equipos que alimenta.

3.4.4. El sistema de emergencia en un hospital, debe por lo menos, estar compuesto de 3 partes.

- Ramal de defensa de la vida
- Ramal de protección de la vida
- Ramal crítico

Estos ramales deben estar limitados a los circuitos esenciales para el desenvolvimiento de las funciones específicas.

3.4.4.1. Se debe exigir en todos los hospitales un ramal de protección de la vida y un ramal crítico. El ramal de protección de la vida proporcionan la energía para el alumbrado y para los equipos de alarma que deben funcionar siempre durante las emergencias.

El ramal crítico debe alimentar los aparatos de alumbrado y los tomacorrientes en las áreas de tratamiento de pacientes críticos.

Nota: Para el ramal de defensa de la vida servirán únicamente sistemas de potencia u otros equipos que cumplan con los requisitos de áreas de pacientes eléctricamente susceptibles.

Será instalado como ramal separado, a menos que esté combinado con el ramal crítico, a discreción de la administración del hospital y con la aprobación de la autoridad competente.

3.4.4.2. Todos los alimentadores del sistema de emergencia deben estar físicamente separados del alambrado normal y estar protegidos de manera tal, que se reduzcan las posibilidades de interrupción simultánea.

3.4.4.3. Se recomienda que la fuente de alimentación auxiliar este formada por uno o varios grupos de generadores accionados por cualquier medio de arranque y se le ubicará en alguna dependencia del inmueble (hospital) en cuestión.

- 3.4.4.4. Para una mayor seguridad en la continuidad del servicio, las instalaciones deben estar alimentadas por dos fuentes externas (si esto es posible), conectadas para alimentar automáticamente la carga y dispuesta de tal forma, que la carga no se transfiera a los grupos generadores, cuando algunos de los servicios exteriores esté suministrando energía.
- 3.4.4.5. Los equipos deberán estar ubicados de manera que se minimicen los riesgos de que ocurra una falla completa de los equipos por causas tales como fuegos, polvo en exceso o inundaciones si ocurre el caso de tuberías rotas o mal drenaje.
- 3.4.4.6. Las características eléctricas del generador o los generadores deben ser las adecuadas para el mejor funcionamiento de todo el alumbrado (o parte de ellos) y de los equipos que deben ser alimentados.

3.4.4.7. Para la protección contra sobrecorrientes, se recomienda aplicar lo indicado en el artículo 240 del NEC/1981.

3.5. Los Transformadores

3.5.1. Los transformadores serán fácilmente accesibles a personas calificadas para su inspección y mantenimiento.

3.5.2. La ventilación deber ser la suficiente para evitar recalentamiento del transformador.

3.6. Interruptores de transferencia automática y manual.

3.6.1. El rango de los interruptores debe ser adecuado para interrumpir cualquier tipo de carga que este siendo servida y resistir a los efectos causados por las corrientes de "Switchéo" sin fundir los contactos.

- 3.6.2. Cada interruptor debe de cumplir con los requisitos presentados en el National Eléctric Code NEC, sección 700-3,15.
- 3.6.3. El interruptor debe ser examinado periódicamente para evitar cualquier falla que pueda ser peligrosa para la transferencia.
- 3.6.4. Cada interruptor de transferencia debe poseer una etapa de prueba que simule una falla de fuente de energía normal.
- 3.6.5. Cada interruptor debe poseer dos luces pilotos, para indicar la posición de los interruptores de transferencia.
- 3.6.6. Todos los ramales de un sistema de emergencia deben instalarse y conectarse a una fuente de alimentación auxiliar de tal manera que el suministro al alumbrado y a los equipos sea automáticamente restaurado, en los 10 segundos que siguen a la interrupción de la fuente normal.

3.6.7. Las cargas del sistema de equipos serán conectadas automática o manualmente con retardo de tiempo y con tal secuencia que no se sobrecargue el generador.

Cuando sea restablecida la fuente normal de alimentación, los dispositivos de transferencia automática deben de desconectar la alimentación de reemplazo y conectar la alimentación normal.

3.6.8. Debe existir en todo panel de transferencia dos luces pilotos debidamente identificados, los cuales deben indicar la posición del interruptor de transferencia.

"Una luz piloto debe indicar que el interruptor esta en la posición de servicio normal, y la otra debe indicar que el interruptor esta en la posición de sistema de emergencia.

3.7. Normas para áreas de quirófanos.

Esta sección tiene por objeto especificar los criterios de funcionamiento o los métodos del alambrado, o ambas cosas, que minimizan el peligro mediante el mantenimiento de bajas diferencias de potencial adecuados, entre conductores que pudieran entrar en contacto con un paciente, aún cuando la corriente de fuga inherente, proveniente de un equipo no sea mayor de 10 microamperios.

3.7.1. En áreas de quirófanos o de pacientes eléctricamente susceptibles, la diferencia de potencial máxima a 60 Hz en corriente alterna, entre dos superficies conductoras al alcance de un paciente o de aquellas personas que toquen el paciente, no debe ser mayor de 5 milivoltios, medidos a través de 500 ohmios, en condiciones normales de funcionamiento o en caso de cualquier falla probable.

3.7.2. Por cada cama debe instalar 2 ó más circuitos ramales, uno o más debe ser de la fuente auxiliar. (Se recomienda según la norma AHÁ 70/84/517-84 (a)).

3.7.3. El circuito del sistema auxiliar de la sección de encamados, debe de encontrarse distribuida de tal forma que todos los circuitos se encuentren cerca uno del otro para mayor facilidad de manejo por si ocurre alguna falla o se desea dar mantenimiento.

3.7.4. Todo quirófano debe poseer un sistema de energía ininterrumpida (UPS), con capacidad para alimentar como mínimo la lámpara cielítica.

3.7.5. Es necesario que una sala de quirófanos posea como mínimo 16 tomacorrientes (8 juegos de conectores dobles).

Estos conectores estarán conectados primordialmente, en la columna cielítica y algunos empotrados en algún panel eléctrico de la sala.

3.7.6. Todo interruptor o tomacorriente grado hospitalario deberá estar aterrizado apropiadamente para evitar cualquier accidente que pueda producirse con el equipo conectado.

3.7.7. El tomacorriente grado hospitalario macho deberá tener tres conectores; línea viva, línea a tierra y neutro; deberá ser para 110/220, 15 Amp. Para sección de quirófano deberá instalarse tomas antiexplosivos o tomas "Grado Hospitalario" debidamente aprobados (UL o NFFA)

3.7.8. En la parte superior de la entrada principal del quirófano, deberá instalarse lámparas desinfectantes, o, lámpara ultravioleta, cuya longitud de onda para la esterilización oscilará entre 100 - 380 nanómetros. Rango en el cual la luz ultravioleta, daña el proceso de la reproducción de micro-organismos, destruyendo las bacterias, gérmenes y demás organismos. El tiempo mínimo para desinfectar el área es de 30 minutos. En la figura 3.2 (a,b,c,d), se muestran ubicaciones recomendables para áreas de quirófanos. Siempre será necesario utilizar los métodos convencionales de asepsia.

3.7.9. En el área de quirófanos deberá instalarse lámparas cieliticas cuya intensidad luminosa se encuentre entre los rangos de 10,000 luxes a 30,000 luxes.

Se seleccionará el tipo de la lámpara de acuerdo a las características del quirófano (Longitud, ancho, altura, etc). La altura que se manejará entre paciente y lámpara debe ser entre 15 - 25 cm.

3.7.10. La lámpara cielítica estará conectada independientemente de los tomas corrientes grado hospitalario. Deberá ser alimentado a 220 V trifilar y estará debidamente aterrizada a la red de tierra del quirófano, para proporcionar un camino rápido a las corrientes de fuga.

3.7.11. Para salas de quirófanos se debe poseer una iluminación total de 450 a 1000 luxes, preferible con candelas de luz blanca, para una mejor claridad en el cuarto de quirófano. (No incluye la lámpara cielítica).

3.8. Areas de Recuperación

- 3.8.1. Para las áreas de recuperación se mantendrán 8 toma corriente grado hospitalario debidamente alambrado, según norma II.7.10.
- 3.8.2. Igual que en la zona de quirófano se tendrá un sistema de esterilización de aire fresco por medio de luz ultravioleta. Se seleccionará e instalará según norma II.7.8.
- 3.8.3. Tanto la sala de quirófanos como las salas de recuperación, tendrán una excelente iluminación. Proporcionando según el área del cuarto, una iluminación entre 450 a 1000 luxes.
- 3.8.5. Toda parte metálica, tanto de equipos como piezas que se encuentran o se encontrarán en contacto con el paciente, se conectarán al sistema de tierra del cuarto y éste a su vez estará conectado al sistema de tierra médica.

3.9. Area de Cuidados Intensivos

- 3.9.1. Toda UCI deberá protegerse con un panel de aislamiento de capacidad adecuada.
- 3.9.2. Para minimizar las corrientes de fuga producidas por la canalización y alambrados de los circuitos secundarios del panel de aislamiento, este deberá instalarse lo más cerca posible de las cargas, en un lugar accesible ya sea dentro o fuera de la áreas a monitorear.
- 3.9.3. Deberá instalarse un panel de cabecera en cada local de encamado, el cual contendrá todas las instalaciones eléctricas e hidráulicas (Gases medicinales).
- 3.9.4. En una situación de emergencia donde el tiempo es crítico, el panel debe proveer fácil acceso para conectar los equipos. Los tomos se deben localizar a 1.5. Mts., sobre el nivel de piso terminado.

3.9.5. Los tomas grado hospitalario se deberán conectar a una tierra efectiva, con las debidas especificaciones, cada cama deberá contar con no menos de seis tomas simples o tres dobles. De los cuales el 50% deberá conectarse al sistema de emergencia.

3.9.6. En áreas de cuidados críticos al menos uno de los dos circuitos ramales se requiere que sea un circuito ramal independiente que no contengan ningún otro toma que no sea de la misma localidad de encamados.

3.9.7. Los receptáculos del sistema de emergencia deberán ser identificados y deberán también indicar el tablero y el circuito que los alimenta.

Excepción:

Solamente los circuitos que sirven unicamente receptáculos de propósitos especiales se permite que sean suplidos por otros tableros.

3.9.8. No importando cual método es empleado para mantener las diferencias de potencial dentro de los límites requeridos, es esencial el aterrizado equipotencial para la seguridad eléctrica dentro de las áreas de cuidado crítico. Esta diferencia de potencial debe ser menor de 20 milivoltios en ya existentes.

3.9.9. Según NEC sección 517-84 parte (c), (1), y (2), permiten que las superficies conductivas expuestas sean conectadas a los miembros estructurales (tierra médica) del edificio, que tengan una conductividad al menos igual a la del conductor de cobre calibre AWG N° 10.

De lo contrario, deberán conectarse al punto de conexión del cuarto o al punto de referencia de tierra médica.

Superficies pequeñas empotradas en la pared, tales como jaboneras y espejos están excluidas de los requerimientos de aterrizado. Un ejemplo de como debe de polarizarse se presenta en la figura 3.3.

TODOS LOS CONDUCTORES DE
 ATERRIZAJE DEBEN SER AISLA-
 DOS, COLOR VERDE, DE COBRE Y
 N.º 10 AWG O MAYOR

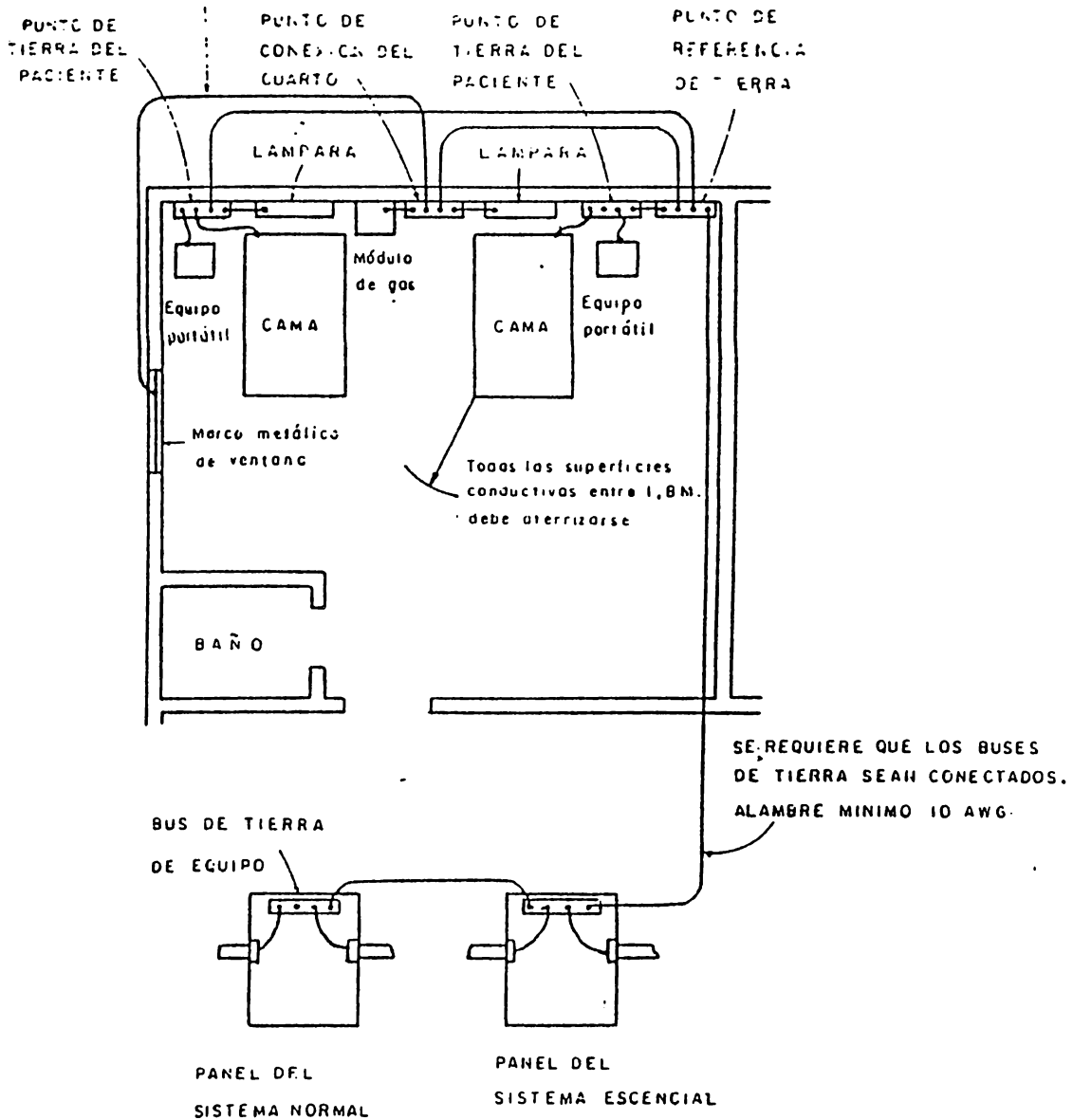


Figura 3.3.

Esta figura cubre reglas para el aterrizado y conexión en la vecindad del paciente.

3.9.10. Tanto la iluminación natural como la iluminación artificial causarán impacto en el área de pacientes. El diseño de la UCI debe usar luz natural para un mayor provecho. La luz artificial debe ser capaz de satisfacer las necesidades para examinar al paciente y para atender casos de emergencia, se requiere de un nivel de iluminación de 300 a 500 luxes, similar al espejo solar, libre de sombra y efectivo sobre toda el área de encamado.

3.9.11. La iluminación local para lectura debe tener un nivel de 200 a 275 luxes, adaptando a las necesidades del paciente y de los operarios la intensidad luminosa. La observación y cuidado del paciente continuo, exige una iluminación con un nivel de 75 luxes (luminaria de cabecera), siendo necesaria para que la enfermera se mueva en forma segura en el cuarto. Se prefiere el uso de un ríostato (dimmer) cuando se utiliza iluminación adyacente para poder contar con la posibilidad de obtener diferentes niveles de iluminación.

- 3.9.12. Polaridad de los tomacorrientes grado hospitalario deberán ser conectados de acuerdo con las normas 70 de la NFPA y el NEC. Asegurando de esta forma una buena polaridad.
- 3.9.13. Toda construcción nueva o ampliación del local requerirá conectores grado hospitalario. Asegurándose que en el mercado exista suficiente para poder reemplazarlo, este tipo de conectores es muy usado para evitar cualquier problema que se pueda dar en el sistema eléctrico.
- 3.9.14. La fuerza de retención de los contactos del tomacorrientes con cables de polaridad y tierra, no deberán ser menor de 115 gramos o sea como mínimo 4 oz. Estos receptáculos deberán examinarse por lo menos dos veces al año.

3.10. Panel de Aislamiento y Cableado Eléctrico de Areas Críticas.

3.10.1. El panel de aislamiento generalmente contendrá; un transformador de aislamiento el cual aislará la red eléctrica del quirófano o UCI de la red principal del hospital.

Este transformador de aislamiento o relación 1:1, se montará en un panel que se equipa con un monitor de aislamiento y con los conductores aislados.

Además, el panel incluye las protecciones para la red secundaria con un corta circuito termomagnético individual por cada circuito, como también las protecciones en el primario del transformador.

3.10.2. La forma que puede poseer el panel de aislamiento para cuartos de operación (quirófanos) y UCI, deben de cumplir lo siguiente:

a) La parte posterior de la caja debe de colocarse de tal forma que facilite el trabajo de la instalación eléctrica, colocando el transformador y demás elementos.

b) Sistema total (caja, transformador, parte frontal, etc) debe ser instalado al mismo tiempo para la prueba total.

El usuario debe de saber seleccionar el local donde ubicará el panel, ya que debe ubicarse en un ambiente limpio y libre de humedad.

3.10.3. Todo panel de aislamiento deberá poseer un monitor de aislamiento de línea (Lineal Insulator Monitor) calibrado para una corriente de fuga de 2 miliamperios, y si es necesario a un máximo de 5 miliamperios.

3.10.4. Los rangos de transformadores que se utilizarán para el panel de aislamiento son los de 1½, 3 y 5KVA. Recomendando el de 1½ KVA como una unidad de soporte.

- 3.10.5. Los rangos de voltajes que se manejaran en el primario del transformador será desde 110 a 220 voltios, manejando en el secundario los 120 voltios. Alimentando el ramal de los quirófanos y UCI.
- 3.10.6. Los corta circuitos deberán de ser de 15 a 60 amperios, dependiendo del KVA a utilizar y de la alimentación en el primario.
- 3.10.7. Los corta circuitos secundarios serán todos de 10/15 amperios.
- 3.10.8. Para los panel de aislamiento (Gabinete) y su instalación deberá empotrarse a la pared. Las dimensiones del gabinete de UCI o UCC es de 24 x 44 pulgadas, y para los quirófanos 24 x 35 pulgadas.
- 3.10.9. Las cajas de los tomas corrientes grado hospitalario deberán empotrarse niveladas y a plomo; las empotradas, a una profundidad tal, que las cubiertas queden más de pared y el conjunto caja-cubierta, acoplen perfectamente por medio de los tornillos de fábrica, sin producir torceduras o esfuerzos innecesarios, mientras dure el proceso de instalación, deberá protegerse la caja para

evitar la penetración de materias extrañas y humedad. No se permitirá la instalación de cajas con tapaderas de agujeros falsos, removidos innecesariamente.

3.10.10. Para el transformador de aislamiento, es recomendable que el tipo de alambre a usar deberá poseer una cubierta de polietileno, teniendo una constante dieléctrica de 3.5 ó menos. Es muy importante que este tipo de alambrado sea usado para minimizar las corrientes de fuga del sistema. Según normas extranjeras se utilizarán cables del tipo:

- a) Vulkene - General Electric
- b) Okonite - Okalon, 1000 V Insulation
- c) Rome Cable XLP

3.10.11. El conductor del secundario del transformador de aislamiento deberá de seguir las normas establecidas por el NEC y la ASHA (NFFPA).

Normas Americanas:

Naranja L1 Conductor de aislamiento # 1
(Anaranjado)

Café L2 Conductor de aislamiento # 2

Verde G Conductor a tierra

3.10.12. El conductor a tierra, al cual se hace referencia para el panel de aislamiento, no es el tierra de distribución del sistema principal del hospital. Más bien es el grupo de todos los conductores a tierra del área al cual el panel de aislamiento esta sirviendo. Esta tierra no es un punto de referencia en el panel de aislamiento. Este punto de referencia es aterrizado al sistema principal del hospital por medio de un sólo cable (tierra médica).

Si hay más de un panel de aislamiento en una sección determinada, su punto de referencia deberá conectarse a una barra de cobre para luego salir con un solo conductor al sistema principal de tierra médica.

3.10.13. Se requerirá al menos un nivel adicional de protección contra fallas de líneas a tierra, para las unidades de cuidado de pacientes en donde la protección de falla a tierra es usado en los equipos de servicio. Estos dispositivos se usarán en la etapa del sesecundario del transformador de aislamiento para una mayor seguridad al personal que se encuentre en ésta sección (UCI, UCC, quirófano, etc). Esto está contenido en la sección 517-14 del NEC 84.

3.10.14. Conductores (Alambres y cables); a menos que se especifique lo contrario no deberá utilizarse conductores de calibre inferior al AWG N° 14.

Los de calibres igual o menor que el AWG N° 10, serán sólidos y los de calibre AWG N° 8 ó mayores, cableados.

3.10.15. La iluminación, tomas de corrientes y fuerza en baja tensión deberá de poseer: conductor de cobre sólido o cableado, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC), para uso en lugares húmedos o secos, con temperaturas en el conductor no mayor a 60°C (140°F) ó 75°C (167°F) y tensión no mayor a 600 voltios.

- 3.10.16. Para colas de conexión de luminarias en baja tensión se utilizará: tres conductores de cobre, sólidos, colocados en paralelo, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC), para uso en lugares húmedos o secos, con temperaturas en el conductor no mayor a 60°C (140°F) y tensión no mayor a 600 voltios.
- 3.10.17. Para sistema de aislamiento de tierra se usarán conductores de cobre trenzado con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o equivalente, con una constante dieléctrica de 3.5 ó menor y un espesor de aislamiento de 3/64" para los calibres AWG N° 12, 10 y de 5/64" para el AWG N° 8.
- 3.10.18. Empalmes a usar en las instalaciones. Para conductores sólidos o cableados de calibre AWG N° 10 y de menor capacidad de conducción eléctrica podrá efectuarse torciéndolos en frío y ligándolos entre sí, con soldadura de alma de resina y aleación de estaño plano, en porción de 40/60, sin protuberancias ni asperezas cortantes, recubriéndose la superficie en su totalidad con cinta aislante plástica.

También podrá utilizarse el conector eléctrico aislado, "Scotch Lock" adecuado al número y calibre de los conductores por empalme.

3.10.19. Para empalme de conductores en los cuales esté presente uno de calibre AWG N° 8 ó de mayor capacidad de conducción eléctrica, deberá utilizarse el dispositivo conectador de bronce del tipo perno, posteado y tuerca ó en su defecto, utilizando el dispositivo metálico de empalme a tensión.

3.10.20. La transportación de los cables de distribución, es recomendable hacerlo por medio de una canaleta metálica, empotrada al techo y a la vez aterrizado al sistema principal.

Los cables se encuentran al aire libre y separados por sección, serán sujetos por medio de cinchos plásticos, facilitando su inspección posteriormente. Podrá utilizarse poliductos resistentes al calor y que no sean inflamables. Además, en las bajadas se podrá usar tubería de aluminio.

3.10.21. Los conductores deberán instalarse subterráneos, empotrados en divisiones, adosados a divisiones y techos por medio del soporte y fijación.

3.10.22. Las bajadas de las cajas de distribución se harán a través de tubería que no sean inflamables y estarán empotrados a la pared. Su diámetro será de aproximadamente 1/2 pulgada, para una fácil introducción de los cables de conducción eléctrica.

3.10.23. Tomas de corrientes grado hospitalario:

a) Sencillo:

15 A, 125 Vac, polarizado, con terminales de tornillo para conductor de cobre, calibre AWG N° 10 máximo, con posibilidad de alambrado lateral ó posterior, con contactos de cobre y con revestimiento de plata (si es posible), cuerpo moldeado en urea o baquelita resistente al arco eléctrico y a resquebrajamiento, cuyo color serán:

Sistema normal : Marfil

Sistema auxiliar : Rojo

b) Duplex

De 15 a 20 amperios con características similares al sencillo.

3.10.24. Si existiese un toma trifilar se recomienda utilizar uno sencillo de 30 a 60 amperios 120/250 Vac, polarizado para cuatro conductores, con conector tipo mordaza y tornillo a presión, cuerpo de dos piezas moldeado en urea de color café o negro, resistente al arco eléctrico y a resquebrajamiento para instalación y alojado en caja metálica de doble fondo con antetapa de reducción.

3.10.25. Las cajas de distribución y de salida deberán ser fabricadas de fundición de aleación metálica, de un cuerpo, conexiones roscadas, de alta resistencia a la corrosión, tapadera removible fijada por medio de tornillos.

Para la caja de distribución será del mismo material de fundición metálica, no así para la caja de salida que será de urea moldeada o baquelita resistente al arco eléctrico y con conectores tipo grado hospitalario.

3.10.26. Luminarias

- a) Fluorescentes, con 2 ó 4 lámparas cada una. 40W/120 voltios, color luz de día, de encendido rápido (RS), difusor plano, de plástico acrílico, granulado, tipo diamante, en su defecto, tipo liso. Montado en una caja de la luminaria de fácil remoción, reactancia duplex de alto factor de potencia y nivel de ruido tipo "A", caja de lámina de acero calibre 20, superficie fosfatizadas y esmaltadas al horno, con pintura blanca de alta reflectancia. Para instalación empotrada en cielo falso de cañuela de suspensión oculta, de tamaño 1 x 4 ó 2 x 4 pies.
- b) Incandescente, con dos bombillas cada uno de 100 W/120 voltios, cloro filamento antimbración, difusor plano de vidrio esmerilado, montado en marco metálico, independiente de la caja de la lámina de acero, calibre 20, superficie fosfatizada y esmaltada al horno con pintura blanca de alta reflectancia. Para instalaciones empotradas de suspensión oculta, de tamaño 1' x 1' (0.30 x 0.30 mts).

Se recomienda que el cable de conexión sea con revestimiento de asbesto, debido a su alta temperatura.

3.10.27. El propósito de la conexión a tierra será el de proporcionar la protección y seguridad para el personal, debiendo conectarse a ésta todas las superficies metálicas de el área (quirófanos, sala de recuperación, UCI, o UCC).

No se permitirá la utilización de cinta metálica de cobre, o revestimiento del mismo, para propósito de conexión a tierra. El accesorio utilizado para conexión del punto de tierra seleccionado, deberá ser tal que sea compatible metálicamente y de diseño que garantice su contacto firme y seguro, o en su defecto, donde se indique, utilizar soldadura.

3.10.28. Las barras principales para conexiones de tierra o alimentación, serán de cobre con revestimiento de plata, ó en su defecto, solo cobre. Cuando no se conecten a disyuntores principales tendrán terminales y conectores para uso con conductores de aluminio o cobre, de calibre y cantidad igual que los conductores que la alimentan.

Las barras de neutro y de polarización, deberán ser independientes, fabricadas de cuerpo sólido, con terminales múltiples de tornillos sin soldadura, en cantidad y capacidad acorde con la cantidad y capacidad de los circuitos derivados que en ellos converjan.

3.10.29. El conductor de polarización deberá ser de cobre, cableado o trenzado, con aislamiento de cloruro de polivinílico (PVC) o sin forro, para uso en lugares húmedos y secos, con temperaturas en el conductor no mayor de 60°C (140°F).

3.10.30. En toda instalación eléctrica, en especial la hospitalaria, los conductores dentro de los gabinetes de tableros, paneles, canaletas, módulos, etc., deberán tener longitud suficiente, para conectarse al borne que le corresponda, evitando con ello, empalmes innecesarios. Los cambios de dirección en el interior, se ejecutarán con cruces de 90° si es posible.

3.10.31. Los circuitos alimentadores, subalimentadores, ramales y derivados, deberán identificarse en todo su recorrido por medio del color del forro y/o viñetas adhesivas para tal fin, que lleven

impresas las letras correspondientes, colocadas en tramos del conductor, que sean fácilmente visibles: Gabinetes, cajas de salida, cajas de conexión y/o paso, utilizando para ello, la clave siguiente:

Para norma americana:

Color forro	Viñeta	Línea
Negro	A	Fase "A"
Rojo	B	Fase "B"
Azul	C	Fase "C"
Blanco	N	Neutro
Verde o sin forro	G	Polariza- ción.
Sin forro		Polariza- ción.

3.11. Factores generales que deben considerarse cuando se analiza la seguridad eléctrica.

- 3.11.1. La probabilidad que una parte del equipo ó de la línea de fuente alcance internamente al paciente.
- 3.11.2. a. La posibilidad de una exposición directa de una línea (110 voltios), a través de una línea dañada o cortada.
- b. La posibilidad que el equipo tenga partes metálicas expuestas que alcancen alguna parte razonable, produciendo un accidente en "vivo".
- 3.11.3. La probabilidad que el equipo sea dañado accidentalmente o algún mal funcionamiento, convirtiéndolo al metal en un conductor eléctrico "vivo".
- 3.11.4. La probabilidad de una parte metálica expuesta, no estando aterrizado o accidentalmente se desconecta la polarización a tierra.

- 3.11.5. La probabilidad que el paciente (usuario o visitante) haga un buen contacto con la parte expuesta, superficie electricamente conductiva.
- 3.11.6. La probabilidad que una segunda exposición a la superficie conductora incremente cualquier falla o mejore la conducción a tierra.
- 3.11.7. La probabilidad que el paciente (usuario o visitante) haga buen contacto con la tierra, o la tierra potencial o superficie eléctricamente conductiva.
- 3.11.8. La probabilidad que el flujo de una corriente resultante sea suficiente para causar algun daño en el paciente.

Los cambios en la protección del paciente de los choques eléctricos es un procedimiento de las estadísticas de cada evento mencionado anteriormente.

Considerando estos objetivos, 4 principios básicos pueden ser examinados para evitar cualquier choque eléctrico.

- a) Prevención del choque por medio del aislamiento y encierro de las partes eléctricas.
- b) Prevención de choques eléctricos por el aterrizado.
- c) Prevención de choques por el diseño de los dispositivos.
- d) Prevención de choques a través de procedimientos del usuario.

3.12. Iluminación eléctrica

Los niveles de iluminación de la UCI, quirófano y sala de recuperación, se calcula mediante el método de la cavidad zonal. Este método tiene como teoría básica que la luz producida por una lámpara o luminaria es reflejada por todas las superficies dentro de un área determinada. Las reflexiones de luz desde la luminaria y desde las superficies del local actúan para producir la luz sobre un plano de trabajo.

Debido a éste hecho es muy importante determinar:

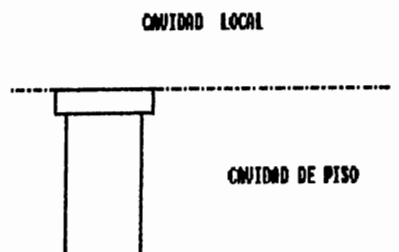
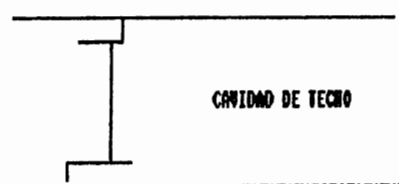
- a) Las dimensiones del local
- b) Las reflectancias del local referentes a techo, paredes y piso
- c) Características de la lámpara
- d) Características de luminaria
- e) Efectos ambientales
 - 1. Polvo y suciedad
 - 2. Temperatura
- f) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación

Los factores de reflectancia de paredes y techo se expresan en porcentajes de acuerdo al color.

Fared:	claros	50 %
	grises	30 %
	oscuros	10 %

Techo:	claros	80 %
	grises	50 %
	oscuros	20 %

El factor de reflectancia del piso es constante y se considera de 20 %. El método de cavidad zonal divide el local en tres cavidades separadas como se muestra en la siguiente figura:



La fórmula básica a utilizar es la siguiente:

LUXES =

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de luminarias} \times \text{lamp/luminarias} \times \text{lumenes/lamp} \times \text{CU} \times \text{Fm}}{\text{Área}}$$

de donde:

CU = Coeficiente de utilización

Fm = Factor de mantenimiento

Para determinar el C.U. se calcula primeramente el factor de cavidad local mediante la siguiente fórmula:

$$I_L = \frac{5 \times h \times (L + W)}{L \times W}$$

de donde:

h = altura de montaje (distancia del plano de trabajo al luminario)

L = longitud del local

W = ancho del local

Con este factor de cavidad local se obtiene de tablas el coeficiente de utilización C.U.. El factor de mantenimiento F_m generalmente es proporcionado por el fabricante y se clasifica como bueno, regular y malo. Las tablas para determinar C.U. también son proporcionadas por el fabricante. Ejemplo:

Central de enfermeras:

Luxes	275	Ftecho	80%
h	1.69 m.	Fpared	10%
W	4 m.	Fpiso	20%
L	6 m.	Fmant.	= 0.7

Luminario: Modelo 504rs48-4 Sylvania.

4 lamp/luminario, 3150 lúmens/lámpara

$$5 \times 1.69 (6 + 4)$$

Fcavidad local 3.5

$$6 \times 4$$

de tablas: C.U. = 0.47

$$275 \times 24$$

de luminarios 4

$$4 \times 1350 \times 0.47 \times 0.7$$

C A P I T U L O N º 4

4.1. RECOMENDACIONES NORMATIVAS PARA INSTALACIONES DE GASES MEDICINALES EN AREAS CRITICAS HOSPITALARIAS. CONDICIONES DE SEGURIDAD.

Introducción:

Con el propósito de tener en forma clara los conceptos sobre el manejo de los gases medicinales, se tocarán en este capítulo dos áreas: una de ellas es el suministro de los gases en áreas que mas lo solicitaron y el segundo punto la normalización de los gases en zonas hospitalarias.

Es importante que se lleven a cabo ciertas precauciones de seguridad en el almacenamiento, manejo y empleo de gases comprimidos. El personal que maneja tanques de gas comprimido debe conocer las características y peligros físicos relacionados con los gases comprimidos, así como los estatutos y reglamentos que controlan la inspección, almacenamiento, embarque y disposición de tanques llenos o vacíos.

Los gases medicinales se preparan bajo un control muy riguroso, para que cumplan con las especificaciones de pureza con ello entendemos que se dispone de un cilindro de oxígeno, por ejemplo, con un contenido de 95.5% a 99.0% por lo menos de oxígeno libre de materias contaminadas como: agua, humo, aceites u otras impurezas.

En esta sección se tratará en forma mas clara todo lo relacionado a gases, como se crean, su manejo y su cuidado que deben tener.

4.2. Características

Como ya se ha mencionado en el capítulo 1 sección 1.4.3.1. Los gases son una fuente de alto grado de combustión, como a su vez pueden ser dañinos a las personas que se le suministran, si ha sido en exceso. Un ejemplo de estos gases se han presentado en la tabla 1.5. del capítulo 1.

4.3. Manejo de los gases

Los gases medicinales se preparan bajo un control muy riguroso, para que cumplan con las especificaciones de pureza, normalmente se transportan a encomados. Pudiendo ser transportados en forma gaseosa o en forma líquida.

En los cilindros que contienen gas comprimido licuado y vapor, la presión dentro del envase resulta determinada exclusivamente por la presión de vapor de líquido contenida a la temperatura existente en el interior y no guarda relación con la cantidad del líquido que halla dentro del cilindro. En consecuencia, para una temperatura determinada, la presión en un cilindro que contenga gas comprimido licuado tal como el oxidonitroso, ciclopropano y bióxido de carbono, permanecerá aproximadamente constante según se va haciendo hasta que el líquido se agota por completo.

En los cilindros con gas comprimido no licuado, la presión en el envase esta en relación con la temperatura y con la cantidad de gases existentes.

Un ejemplo, si tenemos un cilindro de oxígeno, nitrógeno, helio, etc., con un contenido cuya presión es de 2000 libras por pulgada cuadrada a 21 grado centígrado y tenemos una pérdida del mismo y despues registramos la presión, la lectura nos mostrará una presión menor de 2000 libras, de otra forma, de este cilindro lleno, pasamos el gas a otro cilindro vacío de igual capacidad, cada uno nos dará una lectura de 1000 libras, sin embargo, si por descuido dejamos el cilindro cerca de una fuente de calor, la lectura de la presión nos mostrará un incremento en la presión, es decir, mayor de 1000 lbs.

En el Área médica y dependiendo de la facilidad con que la institución hospitalaria pudiese adquirir la central de gases, esta se podría clasificar en:

- a) Tipo cilindros de almacenamiento
- b) Tipo calderín de almacenamiento

4.3.1. Tipo cilindro de almacenamiento

Las centrales de cilindros o de botella se dividen en:

- a) baterías
- b) armario descompresor

Batería:

Posee un colector, cilindros, conexiones flexibles. Las botellas mas utilizadas son las de 50 litros de capacidad y se cargan a 150 bars, por lo tanto el volumen almacenado será igual a 50×150 dando un valor de 750 lts-bars, en condiciones ambientales.

Armario descompresor:

Estas unidades descompresoras tienen internamente un reductor de presión, si este falla, existe un sello de ruptura que se "rompe", liberando el exceso de presión al medio ambiente. Este sello es calibrado a la presión deseada, o puede ser dado a un valor estandar.

Este tipo de equipos, posee alarmas de advertencias para posibles errores de transferencia o de uso. Es además, recomendable fijar los cilindros a la pared para asegurar cualquier percance que pueda existir.

4.3.2. Manejo y cuidado de cilindros

i) Límite de llenado de los cilindros

El límite de llenado de los cilindros con gas comprimido licuado es aproximadamente del 50% del peso de agua que puede contener el cilindro. Como consecuencia de la propiedad de los gases encargados de aumentar la presión al subir la temperatura, existe siempre la posibilidad de que un cilindro cargado con gas a una presión admisible a temperaturas normales, llegue a alcanzar presiones peligrosas a temperaturas elevadas esto se esta licuando o no. Generalmente, los gases se emvasan a una temperatura de 21 grado centigrado. Algunos cilindros pueden cargarse hasta un 10% de presión para lo cual esta capacitado.

ii) Revisión de los cilindros

Es recomendable someter los cilindros por lo menos una vez cada cinco años a prueba hidrostática. Esta prueba debe hacerse a la presión mínima citadas en las normas para cada tipo de cilindro. Por ejemplo: Los cilindros tipo 3A deben probarse a una presión mínima a los $5/3$ de la presión de servicio.

Los cilindros que han sido sometidos al fuego por razones determinadas o no determinadas, deben retirarse de servicio y someterse a tratamiento técnico adecuado y posteriormente a prueba hidrostática.

Todo cilindro que muestre señal de golpes, debe de retirarse hasta no verificar la prueba hidrostática.

iii) Marcas y etiquetas

La Comisión de Comercio Inter-Estatal de los Estados Unidos del inglés "ICC", define que todas las marcas que llenen los cilindros, deben llevar estampada con claridad y en forma duradera en el casquete superior, o bien sobre el cuello en letras o números de 6mm (1/4"), si el espacio permite las siguientes marcas:

- a) El número de especificación de la ICC, seguida por la presión de servicio en libras por pulgadas cuadradas, así:

ICC 3A 2000

- b) El número de serie, excepto en el caso de ciertos tamaños muy pequeños que suelen identificarse por un sólo número para todo un lote y una letra colocada debajo de la señal de especificaciones de la ICC,

18 11 50 Número de serie

E Tamaño del cilindro

- c) La marca de inspección oficial, cerca del número de serie y la fecha de prueba en forma que pueden añadirse las subsiguientes.

@ Marca de inspección

8 P 91 * Fecha de prueba

* 8 (mes); P (prueba); 91 (año)

- d) Los cilindros fabricados por algún procedimiento especial o torneados en caliente llenarán una marca que lo indique:

SPUM CR-MO Método de manufactura

torneado en caliente

CR-MO Cromo Moliódono

- e) Otras marcas que deben poseer

4 U 91 Marca y fecha de manufactura original

5 1 91 Prueba hidrostática

* 4,5 (mes); U (manufactura); 1 (número de pruebas); 91 (año)

iv) Colores prescritos para envases

Cada envase llevara un color para identificar el gas y puede llevar dos colores indicando la combinación de gases que se esta realizando, los colores acontinuación son los normalizados por la ICC de Norte América y son los tomados por las autoridades de nuestro país.

Clase	Color	Abreviatura
Oxígeno	Verde	O ₂
Anhídrico Carbónico	Gris	CO ₂
Oxido Nitroso	Azul Claro	N ₂ O
Ciclopropano	Amarillo/naranja	C ₃ H ₆
Helio	Café	He
Etileno	Rojo	C ₂ H ₄

Algunas veces existen mezclas que son utilizados, entre ellos los mas usuales:

Oxígeno-Helio

Café-Verde

Oxígeno y Anhídrico Carbónico

Verde-Gris

v) Precauciones para el manejo de gases

En la sección 1.4.3.1. del capítulo I, se hace mención acerca de las precauciones que se deben de seguir para el manejo de cilindros con gases. son

a) No deben lubricarse nunca las válvulas, conexiones, manómetros, reguladores, etc. con aceites o grasas o ninguna otra sustancia lubricante o combustible.

b) No debe de manejarse los cilindros con las manos llenas de aceite o grasas.

- c) Impedir los escapes apretando perfectamente las conexiones, cuando se usan manueras debe estar seguro que estan en buenas condiciones
- d) Nunca usar llama para detectar la fuga de gas, debe usarse agua jabonosa.
- e) Evitar manipular cilindros cerca de llamas, fuentes de ignición o contactos eléctricos.
- f) El regulador que se usa para un gas no debe usarse para otro gas diferente.
- g) Abra completamente la válvula del cilindro mientras se esta usando el gas.
- h) Nunca debe someterse un cilindro a temperaturas mayores de 52 grados centigrados.
- i) Nunca permitir que se vacie completamente un cilindro del gas que contiene y mucho menos dejar la valvula abierta

- j) No deben de quitarse los sellos de seguridad del cilindro.
- k) No dejar que los cilindros choquen violentamente uno con otro, ni dejarlos caer, ni tampoco arrastrarlo.
- l) No almacenar cilindros con gases inflamables en sitios donde se tenga oxígeno u óxido nítrico, en cambio se pueden almacenar en lugares donde hay gas carbónico.
- m) No almacenar cilindros en salas de operación, los cilindros pequeños deben de almacenarse en cajas de madera, ni dejar cilindros en pasillos, ya que es zona de paso de camillas y carretillas.

Si debido al espacio se colocan en el pasillo deben de sujetarse a la pared con cadenas o algún medio seguro.

vi) Válvulas

Todos los cilindros se encuentran equipados con delicados dispositivos, llamados válvulas, para el llenado y sellado del contenido. Todas las valvulas de los cilindros son equipados con un dispositivo de seguridad el cual consiste de un topon roscado en el cuerpo de la valvula; dicho tapon esta perforado al centro y rellenado con una aleación de bismuto, cadmio, zinc y otros. Cuando la presión en el cilindro aumenta por elevación de temperatura, esta aleación pierde sus características y da salida a la presión del gas evitando que el envase pueda explotar.

Existen dos tipos de valvulas, uno es el tipo 'G' o 'M', al cual se le incorpora como índice de seguridad el diámetro. Este dispositivo conocido como conexión se utiliza en gases medicinales, vacio, aire comprimido y consta de un cuerpo, niple y tuerca, según se muestre en la figura # 4.1., cuyas medidas estan normalizadas a 9/16 con 18 hilos de rosca.

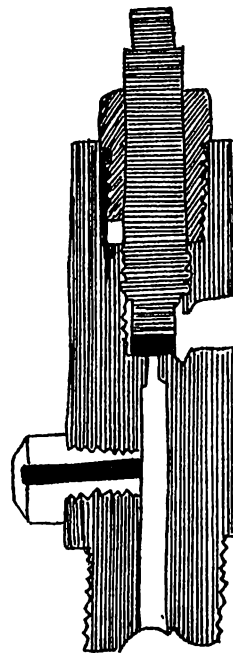
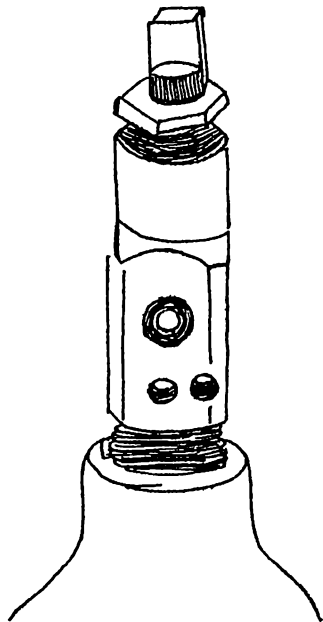
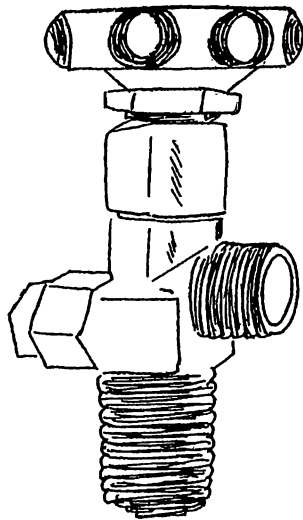
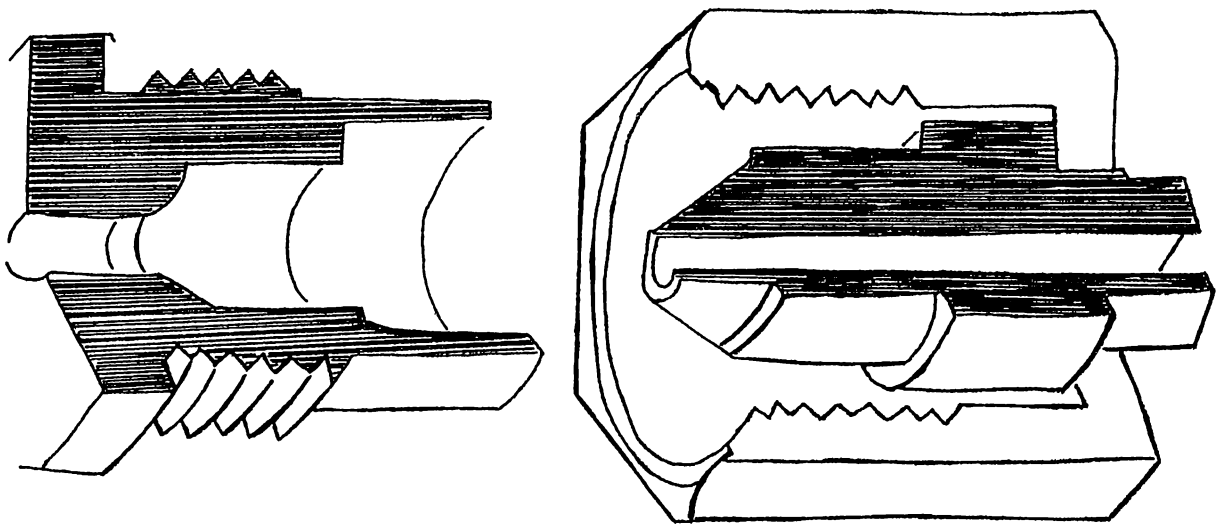


FIG. 4.1.

Este sistema esta basado de dos concéntri-
cos y especificos agujeros perforado en
el cuerpo y dos superficies especificas y
concéntricas en el niple, que además solo
acoplan a la conexión correspondiente.

a) Cilindro:

Los diferentes estilos se indican en
la tabla 4.1. (a y b). Refiriéndose
estas dimensiones a los diámetros ex-
teriores y su altura sin contar la
válvula.

Es la forma mas sencilla para suminis-
trar un gas comprimido, como en el ca-
so de un equipo de soldadura de aceti-
leno o en un hospital para uno o va-
rios pacientes. La dosis para ambos
casos es suministrada en bajo flujo y
baja presión.

b) Reguladores:

Para mantener un flujo constante con los cambios de presión de suministro ciertos equipos requieren de regulación de presión. Conocidos como reguladores, válvulas reductoras, que indiscriminadamente se le da el término de manómetro. El objeto primordial es reducir la presión del gas que sale del cilindro. Lo constituyen ciertos mecanismos que en principio es un asiento anular sobre un agujero restringido (calibrado) accionado mecánicamente por un diafragma; alojados en una cavidad o cámaras las que alojan el asiento, cámara de alta presión y la que aloja el diafragma, la cámara de baja presión.

La presión en los cilindros varía con la temperatura y contenido. Para mantener un flujo constante con los cambios de presión de suministro ciertos equipos requieren de regulación de presión.

Los reguladores de presión, son válvulas controladas por diafragmas o pistones, que reducen la alta y variable presión de almacenaje de un cilindro u otra fuente de suministro a una constante y apropiada presión para una aplicación específica. Estos tipos de reguladores están ajustados a una presión de entrega de 26 a 75 lbs. por pulg.² (pulgadas cuadradas) a una presión menor tendremos cambio en los flujos.

c) Los manómetros:

Los manómetros son aparatos destinados a medir la presión de los fluidos. Consta esencialmente de un tubo de latón de paredes delgadas y flexibles de sección elíptica y arrollado en hélice, con un extremo cerrado y el otro abierto destinado a poner el aparato en comunicación con el fluido cuya presión se va a medir; bajo el efecto de la presión, se modifica la curvatura del tubo y el extremo cerrado, transmite el

momento a la aguja que se desplaza en un cuadrante. (Ver Fig. 4.2).

4.4. Gases Medicinales

La distribución de gases medicinales se hace por medio de tuberías, siendo de tramos de varios calibres la tubería o de instalaciones diferentes (vertical u horizontal).

Para el suministro de gases es recomendable el cobre (Cu) debido a su bajo costo y características ideales (no corrosivo a los gases que se suministran).

El tubo de cobre, es obtenido de los tipos B-K-L-M. Los tipos L y M, no tienen aplicación en las instalaciones de gases debido a que sus paredes son muy delgadas, no soportando las presiones suministradas (50 a 100 PSI)

El tipo B, es una tubería demasiado gruesa y el peso descarta esta clase de tubería. El tipo K es la tubería adecuada, su medida excede en 1/8" el diámetro externo de su valor nominal. Así, decimos que la tubería de 3/8 tiene un diámetro externo de 1/2".

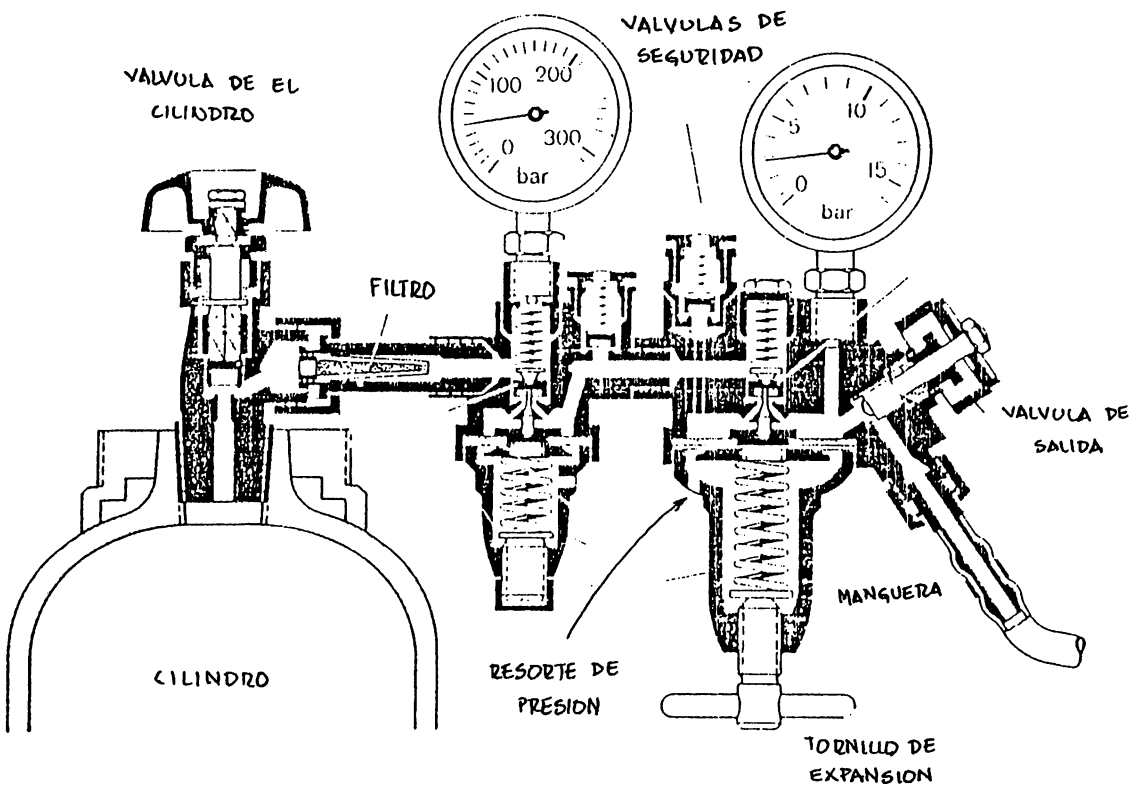


Figura # 4.2.

4.4.1. Distribución de los gases.

Existen dos tipos de instalación, las cuales son llamadas temples, estas son:

- i) Temple suave, su instalación es bajo tierra o en ductos (Es recomendable que las tuberías bajo tierra deben ser protegidas contra la corrosión, ya sea, con recubrimiento plástico o algún otro material que proteja la tubería de cobre).

- ii) Temple duro, es el utilizado en las áreas expuestas al medio ambiente. (Este sistema debe ser el mas protegido ya que puede ser manipulado por visitantes o aún los mismos pacientes).

Para corredores debe de protegerse la tubería con cajas de madera o algún otro material, para evitar se manipule.

4.4.2. Instalación de tuberías

Antes de proceder a la instalación, las tuberías y accesorios como codos T, curvas, etc. deben lavarse con una solución de fosfato trisódico o también con thinner o tricloretileno, en la proporción de una libra por tres galones de agua, posteriormente con agua limpia y protegerse de contaminación.

Al proceder a la distribución, la tubería debe de sujetarse con soportes cada 10 pulgadas en líneas horizontales y en diámetros mayores a 3/4. La tubería de 1/2 se sujeta cada 6 a 8 pulgadas.

La soldadura se debe de hacer con plata y flux tipo arcossil 45, nunca usar borax ni alcohol con resina. Si la tubería es latón debe de ser rosca-da.

Las válvulas que se usan en la distribución debe ser de cierre rápido se instalan de preferencia en corredores adyacentes a la subida de bases, entradas de áreas de anestésias.

Antes de instalar las salidas de pared debe probarse cada junta por medio de agua bombeada, aire comprimido libre de aceite, nitrógeno a una presión de 150 lbs x plg.²

Debe prepararse una solución jabonosa con glicerina para mojar las uniones y comprobar que no hay burbujas, si se presentan debe resoldar. Es muy útil realizar la prueba final bajo el mismo procedimiento durante 20 horas o un día. Si en la prueba de fuga, se utiliza agua o nitrógeno debe asegurarse que se eliminó completamente pasando oxígeno.

Se recomienda según código de gases NFPA 56A, 1978, que las tuberías se pintan de la siguiente forma:

<u>Gas</u>	<u>Código de color</u>
Oxígeno	Verde brillante
Oxido nitroso	Azul claro
Vacio	Blanco
Aire comprimido	Amarillo

4.4.3. Centrales

El suministro de gases a varias dependencias de un hospital, se verifica mediante tuberías que proceden de una central. Las centrales de gases disponen de uno o dos múltiples, es decir, que uno o más cilindros convergen su presión a una tubería común se controla el flujo mediante una válvula. Posteriormente esta válvula da paso hacia un regulador ocasionando la caída de presión de 2000 lbs/plg² hasta 50 a 100 lbs/plg², según demanda de consumo, luego pasa a la tubería de distribución en las diversas dependencias de un hospital hasta los tomas de pared o techo, (se entenderá por tomas de pared un sistema de válvulas a las cuales se acoplan los fluómetros, o mas de techo generalmente se instalan en los quirófanos, haciendose mediante mangueras flexibles, tipo hule y lona).

Las centrales de gases nos permiten la distribución de oxígeno, vacío, aire comprimido, óxido nitroso, etc.

i) Centrales de oxígeno

Lo grueso de un sistema de oxígeno en un ensamble de elementos tales como contenedores, reguladores de presión, dispositivos de seguridad, vaporizadores múltiples y tubería de interconexión.

Las centrales de oxígeno utilizadas en nuestro país son de dos tipos:

a) Gaseoso (Múltiple o manifold)

b) Líquido (Termo de Oxígeno)

La central de O_2 líquido tendrá una capacidad de almacenaje de 13,000 pies cúbicos, pero incluyendo la reserva no concretada que puede llegar a 25,000 pies cúbicos, un buen ejemplo de este tipo de reservorio es el termo de oxígeno líquido del médico quirúrgico o ISSS. *

Una central de oxígeno consta de:

i) Termo de oxígeno líquido con sistema de vaporización o múltiple para oxígeno gaseoso.

- ii) Tubería de distribución

- iii) Válvula de zona o seccionamiento

- iv) Válvula de salida

- v) Equipo de dosificación

El termo de oxígeno líquido suele ir en unidades hospitalarias cuyo consumo es mayor a 3000 mts³ mensuales. Si el consumo es menor únicamente se utilizan el múltiple de oxígeno gaseoso. La razón de aceptar el múltiple con el termo es porque esta actúa como elemento auxiliar al termo en casos de reparación o mantenimiento. El múltiple para oxígeno gaseoso es conocido como MANIFOLD, consta de dos secciones o rampas de cargas (batería), una de trabajo y otra auxiliar, cada una con un regulador central. En cada rama o sección se acoplan aproximadamente 10 cilindros tipo "H" en cada rama.

El acoplamiento de los cilindros se hace mediante una manguera o tubo flexible con terminales apropiadas en ambos extremos para acoplar los cilindros, este tipo de acoplamiento se conoce como "cola de cerdo" (Fig Tail).

Los equipos de dosificación o fluómetros, rotámetros, etc. nos indican la cantidad de oxígeno que debe llegar al paciente.

El fluómetro dispone de un recipiente para líquido (humedificador) el cual se le agrega agua destilada, antes de llegar el oxígeno al paciente para evitar la resequedad de las mucosas del paciente. Las tomas en las salas de operación, no disponen de dosificadores o humidificadores, los aparatos de anestesia o respiradores disponen de su propio sistema.

El oxígeno se suministra al paciente, mediante equipos como:

- i) tiendas de oxígeno
- ii) respiradores
- iii) equipos de anestesia

4.4.4. Sistema de Aire Comprimido

Como regla general el compresor de aire debe tomar su fuente de la atmósfera, evitándo la contaminación de olores y otros gases, no es recomendable que la etapa de succión este cercana a ventilación de tanques de combustible, descargas de sistemas de combustión o descargas de sistemas de vacío.

Estos tipos de sistemas solo deben ser utilizados para proporcionar aire comprimido, excluyendo la posibilidad de usarlo en equipos neumáticos o similares.

Para áreas hospitalarias los compresores deben de poseer unidades de duplex, es decir, debe poseer pistones libres de aceite, y a la vez con provisiones para operar alternamente y en casos simultáneamente, dependiendo de la demanda; cada uno debe de ser capaz de mantener el máximo de suministro de la demanda señalada o diseñada. »

Conforme a los accesorios que un sistema de aire comprimido hospitalario debe poseer son:

- i) Interruptor de corriente
- ii) Dispositivo de arranque del motor
- iii) Protección de sobre carga
- iv) Mecanismo que alterne el funcionamiento que a la vez permita el funcionamiento en paralelo de los compresores.
- v) El cilindro contenedor, debe disponer de una válvula de seguridad, una descarga de descondensado y un medidor o monómetro.
- vi) Un regulador de presión y un flujo que permita manejar el rango entre 50 y 75 libras de presión de suministro, dependiendo de que el compresor o los compresores demandaran una presión de 200 ó más libras de presión.
- vii) Un filtro de entrada con silenciador tipo seco

viii) Intercambiador de calor

ix) Un deshidratador o enfriador de aire, que permita retirar el máximo de condensado admitido del aire, atmosférico, ya que para propósitos medicinales el aire debe ser seco hasta un 90%.

Los compresores diseñados para éste propósito pueden ser de tipo rotor, sello de agua, de pistón con anillo de carbón. Y dependiendo de las condiciones atmosféricas, se gobernará la provisión del intercambio de calor con el deshidratador.

El deshidratador es principalmente un conjunto de aire acondicionado que permite enfriar el aire, para retirarle el condensado y en ésta forma obtenemos aire seco.

El tipo de uniones deben ser flexibles intercálándose entre el compresor y el tanque, lo mismo se intercalan entre el tanque y la línea de suministro, si no se instala intercambiador de calor o deshidratador.

La figura 4.3 muestra los elementos de una instalación de aire comprimido medicinal, el cual esta formado por:

a) Cuarto de compresores

Es muy importante la ubicación de los compresores. Su situación determina la calidad de la materia prima: el aire. No aceptaremos que el aire se tome de un parqueo directamente, ni mucho de lugares inadecuados, como: cocina, lavandería, etc.

b) Filtros de entradas (Filter)

Son elementos de retención incluso para la protección del propio compresor.

c) Compresores (Compressor)

Se recomienda en dos o más etapas para trabajar con bajas temperaturas (refrigeración entre etapas) y evitar el consumo de aceite. Las altas temperaturas pueden degradar el aceite y producir Monóxido de carbono (CO) por la combustión del aceite.

En el esquema base puede observarse un dreno automático y uno normal, conectados al refrigerador intermedio. Este siempre existe cuando hay dos etapas, puede llegar a tener la forma de un radiador o bien un tubo aleteado.

La válvula manual tiene por misión saber si la purga automática funciona (en el mantenimiento preventivo).

De purgas automáticas existen dos tipos a saber:

- i) Con boya, la propia boya acciona el mecanismo para evacuar el condensado. Este tipo tiende a fallar en caso de que exista suciedad.
- ii) El segundo es programación por tiempo; suele ser una electroválvula accionada mediante un programador. Se programa la secuencia de purga y la duración. La suciedad es un factor que puede inutilizar una electroválvula.

La importancia de una purga automática no es solamente técnica, sino de calidad microbiológica del aire, al purgar el agua condensada eliminamos puntos donde pueden proliferar las bacterias.

d) Refrigeradores posteriores (After cooler)

Tiene por misión rebajar la temperatura de salida del aire por un lado. Imprescindible si después se coloca un secador frigorífico. Y por otro, al rebajarse la temperatura se logra eliminar una gran cantidad de agua.

Existen refrigeradores por agua. Son unos intercambiadores. El agua debe ser potable de red, o tratada para evitar el deterioro de las partes metálicas del sistema. En algunos casos se tiene el refrigerador aire-aire, son más caros para comprar pero más barato de funcionamiento.

e) Calderines (Air Receiver)

Su objetivo es acumular el aire y disminuir el número total máximo horario de ciclos arranque de parada de un compresor. Suele dimensionarse con un volumen igual al aire suministrado por un compresor durante un minuto.

Suele dimensionarse de acuerdo al consumo requerido, por el área a trabajar, sus unidades estan dadas en PSI y los rangos oscilan de acuerdo a los compresores instalados.

Es necesario el uso de una válvula de seguridad. La misión de ésta válvula, es limitar la sobrepresión en el calderín a valores no peligrosos si se produce un fallo en el mando del compresor.

Los reservorios de aire deberán ser galvanizados en caliente, para tener una larga duración. Es necesario un manómetro para leer las presiones y para ajustar los reostatos o interruptores de arranque y paro automáticos.

f) Filtración (Separator)

El aire sale del calderin saturado de humedad y arrastrando vapores de aceite. Existen filtros separados cerámicos, que consiguen rebajar buena parte de los arrastres de agua y aceite haciendo pasar el aire por los agujeros microscópicos de la cerámica. Por el tamaño del orificio, se realiza también un filtrado previo.

En el esquema se puede observar la existencia de filtros a la entrada y a la salida de las salidas de las columnas de secado. A la entrada es recomendable poner un filtro de 1µmts (micrómetro), y a la salida de otro igual.

Los filtros deben ser de aproximadamente 0.01µmicrometro). Para eliminar el resto de aceite, se utilizan filtros de carbón activo, que dejan pasar valores residuales de aceite más de cien veces mejores que el máximo permitido. Los filtros de 0.01µm, no esterilizan el aire pero si lo limpian dentro de los límites establecidos.

g) Secadores (Twin Column Air Dyer)

Para conseguir valores bajos de puntos de rocío, es necesario secadores de absorción. Cada secador se compone de dos columnas. Una de ellas en activo y otra regenerándose. La cantidad de agua absorbida es proporcional a la presión. Por lo cual al poner a presión atmosférica una columna cargada y realizar un "lavado" con aire seco, nos llevaremos la humedad sobrante.

Se consiguen puntos de -40°C a presión atmosférica. La norma HTM22 en párrafo 139, especifica que no existe evidencia que un punto de rocío mayor de -40°C sea suficiente para todos los casos, sin embargo, es aceptable -29°C sin problema alguno.

Por otro lado, un aire húmedo puede ocasionar pérdidas materiales de consideración. Por ejemplo, pueden formarse cristales de hielo que produzcan averías en las herramientas neumáticas.

Observación:

Se entenderá por punto de vacío del aire a aquella temperatura en la cual el vapor del aire empieza a pasar a forma líquida. Por tanto cuanto más bajo cero este el punto de vacío, más seco estará el aire.

h) Reguladores de presión (Pressure Regulator)

Esta compuesto por los dos reguladores de presión, sus válvulas de aislamiento, válvula de seguridad y manómetro.

Cada uno de los reguladores debe ser servopilotado, siempre que exista una estabilización de presión, debe haber una válvula de seguridad. Las válvulas reguladoras de presión trabajan con membranas, la perforación de una de estas membranas ocasionará una subida de presión peligrosa.

i) Bateria de emergencia (Emergency Manifold)

En caso de fallo en el suministro eléctrico o avería simultanea en los dos compresores, una bateria (juego) de botellas o cilindros se hace cargo del suministro.

4.4.5. Sistema de vacío para hospital

El termino vacío representa un espacio absolutamente al cual se le ha extraído todos los gases incluyendo el aire, o se pueden describir como una presión debajo de la presión atmosférica (760 mm Hg =14.7 PSI) sobre el nivel del mar.

Para entender mejor, se tiene: Si ejercemos vacío en un tanque eliminando la mitad del contenido, la presión es sub-atmosférica y el remanente de aire o gas, se expande para ocupar el espacio desalojado. Si una comunicación al exterior es permitida, la presión sub-atmósferica aumenta y el movimiento del aire del exterior, hacia adentro producirá succión y continuará hasta que la presión interior se iguale con la exterior.

La cantidad de succión en tiempo particular es determinado por el grado de presión negativa aplicada. A presión de vacío, para fines prácticos, se mide en pulgadas de mercurio. De una forma sencilla se define como un medio que nos permite remover líquidos, gases o sólidos.

Los términos usuales:

- Succión
- Vacío
- Presión negativa

Hay varias formas de producir vacío, cada una de las cuales requiere de una fuente o fuerza, que puede ser:

- i) Medios mecánicos como una bomba eléctrica, aplicación de Venturi.
- ii) La presión atmosférica
- iii) Medios térmicos

Los fabricantes proporcionan una buena gama de bombas, las cuales se han diseñado en 3 formas:

- i) Membrana
- ii) Pistón
- iii) Los rotores y cuñas

En la actualidad el vacío de los hospitales se maneja desde salidas de pared, representado con el calor blanco, por distribución central, mediante una bomba capaz de manejar grandes volúmenes. Las bombas portátiles pueden ser usadas como un complemento. Las ventajas de los sistemas centrales, son ahorros de espacio y los accesorios usados en las salidas de pared, ofrecen varias formas de drenajes.

4.4.6. Regulación

La presión generada por una bomba o más bien por una salida de pared, es mayor que los requerimientos para muchos procedimientos especiales.

Un regulador se instala en la salida de pared, que permite al operador un control del vacío. El regulador de vacío limita la máxima cantidad de succión, aplicada al paciente, manteniendo un flujo constante a la presión negativa pre-fijada.

Para medir el vacío se utiliza un manómetro graduado en milímetros de mercurio con una escala de 0 a 200 mmHg ó bien graduado en centímetros de agua.

Para un ajustar la salida del regulador de vacío, se obstruye el tubo que comunica al regulador con el frasco colector y determina la lectura del manómetro, en caso contrario el sistema está abierto a la atmósfera y nos dará una lectura falsa.

Los reguladores modernos, nos permiten: succión continua y la succión intermitente. Dependiendo de la demanda del Hospital, se instalan bombas con reservorio y cabezal o compresor; con un reservorio y dos cabezales; con dos reservorios y un cabezal, y así sucesivamente. La distribución es similar a la de los gases medicinales y generalmente va paralela a esta y podrá observarse en las salidas de pared.

Contenido de cilindros tipo Americano

Tipo de Cilindro	Anhídrico Carbónico	Oxido Nitroso	Oxígeno
"A" Glns. dimensión	50 3"diam"x7" alto	50	20
"B" Glns. dimensiones	100 3-1/2"x 13	100	40
"D" Glns. dimensiones	100 4-1/4"x 17	250	95
"E" Glns. dimensiones	420 4-1/4"x 26"	165	165
"F" Glns. dimensiones	1280 5-1/2"x 51"	1280	550
"M" Glns. dimensiones	2000 7-1/8"x 43"	8000	800
"G" Glns. dimensiones	2000 8-1/2"x 51"	3200	1400
"H" Glns. dimensiones	2000 9.1"x 55.9"	3200	2000

Tabla 4.1.

4.5. Normas en Instalaciones de Gases Médicos

4.5.1. Definiciones

Local anestésico:

Cualquier área de un hospital en la cual se administra cualquier agente anestésico inflamable o no inflamable, para terapia o examen y se pueden incluir en las salas de operación, salas de emergencia, salas de terapias, etc.

Antiestático:

Nombre dado a una clase de material, que incluye materiales conductivos y además, materiales que mantienen sus características físicas. De acuerdo a la norma 4663 y 4664 de la NFPA No. 56A, exige que cualquier carga aplicada a este material debe de decaer en un 90% o más, o que la resistencia no debe ser mayor de los 100 μ .

Automático:

Adjetivo que describe un dispositivo capaz de activarse solo; opera debido a su propio mecanismo cuando una influencia exyerna actúa sobre él.

Combustible:

Material sólido o líquido que reacciona con el oxígeno si éste es quemado.

Flama:

Adjetivo descriptivo de cualquier gas o líquido que es inflamable, capaz de mantenerse encendido en condiciones especiales.

Local anestésico inflamable:

Cualquier sección que posea instalaciones que transporten agentes anestésicos inflamables.

Oxido nitroso:

Componente orgánico. Uno de los óxidos del nitrógeno, existe como un gas a la presión atmosférica y temperatura ambiente. Posee un olor dulce y es capaz de producir efectos anestésicos al ser inhalados.

Área de almacenaje:

Local de área anestésica en la cual se encuentran ubicados cilindros de gases medicinales, cargados y no cargados. Colocados en zonas las cuales están destinadas para indicar, si los cilindros necesitan recarga o no. Además, se encuentra ubicado el manifold con sus ramales.

Agente anestésico no inflamable:

Se refiere a agentes de inhalación. Debido a su condición de presión y temperatura su concentración no es inflamable cuando es mezclado con aire, oxígeno, o mezcla oxígeno u óxido nitroso.

Local anestésico no inflamable:

Cualquier área de funcionamiento del hospital para cuidados de pacientes, en las cuales hay instalaciones de gases no inflamables.

Oxígeno:

Elemento el cual a presión y temperatura atmosférica, es incoloro, insípido e inodoro, es el elemento principal para el mantenimiento de la vida y de la combustión, aunque el oxígeno no es inflamable, materiales que se queman se consumen más rápido con atmósferas enriquecidas en oxígeno.

Atmósferas enriquecidas con oxígeno:

Atmósfera en la cual su concentración de oxígeno es arriba del 21% de volúmen o de 106 Torr (milímetros de mercurio).

Local anestésico no inflamable:

Cualquier área de funcionamiento del hospital para cuidados de pacientes, en las cuales hay instalaciones de gases no inflamables.

Oxígeno:

Elemento el cual a presión y temperatura atmosférica, es incoloro, insípido e inodoro, es el elemento principal para el mantenimiento de la vida y de la combustión, aunque el oxígeno no es inflamable, materiales que se queman se consumen más rápido con atmósferas enriquecidas en oxígeno.

Atmósferas enriquecidas con oxígeno:

Atmósfera en la cual su concentración de oxígeno es arriba del 21% de volumen o de 106 Torr (milímetros de mercurio).

Gases licuados:

Gases que se convierten en líquidos bajo presio-
nes en las que se manejan y embarcan normal-
mente. Un gas licuado regresa a su estado gaseo-
so cuando se reduce la presión.

Gases Tóxicos:

Todos los gases que son extremadamente peligro-
sos para la vida y la salud bajo condiciones nor-
males, por ejemplo: cianógeno.

Gases irritantes:

Los gases irritantes no son absorbidos en la san-
gre, pero al ser inhalados lesionan el tejido su-
perficial de las vías respiratorias. Puede resul-
tar la muerte si hay una continua exposición a
causa de la concentración de las vías respirato-
rias. Ejemplos de gases irritantes son el cloro,
dióxido de sulfuro y amoníaco.

Gases asfixiantes:

Ciertos gases son considerados como inofensivos en pequeñas cantidades, pero la inhalación de grandes cantidades de ellos impiden que el oxígeno llegue a los pulmones causando sofocación. Ejemplo de tales gases son el nitrógeno, hidrógeno y helio.

Gases inertes:

Ciertos gases son considerados como inertes, es decir, no son inflamables ni tóxicos. Algunos como el nitrógeno, no son de combustión. Aún así, los peligros de esos gases aparentemente inofensivos son a menudo subestimados. Los gases como el argón y el nitrógeno desplazan el oxígeno del aire y en locales cerrados fácilmente pueden provocar asfixia. Se deben tomar en cuenta las precauciones necesarias cuando se manejan tales gases.

4.5.2. Abreviaturas

Cuando en el presente documento sean empleados, se les dará el significado que a continuación se describe:

A.G.A.	American Gas Association Laboratorie
A.W.G.	American Wise Gauge
A.S.A.	American Standars Association
C.G.A.	Compresed Gas Association, Inc.
N.E.C.	National Electric Code
N.E.M.A.	National Electric Manufactures Association
N.F.P.A.	National Fire Protection Associaton
U.L.	Underwriters Laboratories Inc.
O.S.H.A.	Occupational Safety and Health Act.
C.G.A.	Compressed Gas Association

4.5.3. Normas de seguridad

- 4.5.3.1. Área de almacenaje para oxígeno y óxido nitroso.
- 4.5.3.2. Las áreas de almacenamiento de cilindro o el espacio físico de los manifold "multiples" para oxígeno y óxido nitroso que exceda de los 2000 pies cúbicos debe de poseer respiradores o extractores de aire hacia el exterior o aire libre.
- 4.5.3.3. Fuentes de calor en áreas de almacenaje deben ser protegidas y dispuestas de tal forma que los cilindros no sean expuestos a temperaturas superiores a los 50°C (125°F), ya que puede haber un riesgo de sobrepresión en los cilindros.
- 4.5.3.4. Estas instalaciones tendrán sistemas de alarma contra incendios, detectores de humo, extinguidores, rociadores de agua. Para evitar cualquier problema a causa de alguna explosión o chispas que se pueda producir.

4.5.3.5. Para zonas de almacenaje de gases, todos los conductores y equipos físicos, y todos los equipos portátiles, incluyendo lámparas y otros equipos que funcionen a más de ocho voltios entre conductores, serán de un tipo aprobado para uso en áreas anestésicas.

4.5.3.6. Construcción del área de almacenaje

a) El almacenaje de cilindros separadamente deberá de hacerse para gases oxidantes (oxígeno y óxido nitroso) y gases inflamables. Cada local no será para otro propósito que no sea el de almacenar cilindros de gases. Deberá ser construido con material resistente al fuego, con muy buena ventilación y no debe de comunicarse con áreas de anestésicos. Se recomienda superficies no deslizantes para evitar cualquier resbalamiento tanto de personal como de los cilindros.

- b) Deberán de asegurarse los cilindros con cadenas o medios de sujeción para evitar daños o accidentes en ellos.

- c) Los tomacorrientes e interruptores de iluminación deben ir sostenidos en la pared e instalados a una altura no menor de 5 pies (1.2 Mts.) sobre el nivel del piso terminado.

- d) Locales de almacenamiento de oxígeno y óxido nitroso deben de estar libres de materiales inflamables para evitar cualquier accidente.

- e) Los conductores eléctricos que pasen encima de un local o bodega de gases, estarán instalados en canalizaciones metálicas (aluminio).

También deberá usarse conductores eléctricos resistentes a oxidaciones debido a los gases o medio ambiente. Se recomienda del tipo ALA o AL, ambos con recubrimiento de asbesto.

- f) Zonas para suministro de oxígeno, óxido nitroso o mezcla de estos gases, no deberán tener medios de comunicación con locales de anestesia o lugares de almacenaje de agentes anestésicos inflamables o no inflamables.

4.5.3.7. Manifold o cilindros de oxígeno (carga)

- a) Deben tomarse precauciones en el manejo de oxígeno ara prevenir contacto entre él y los aceites, grasas, lubricantes orgánicos, hule u otro material de una naturaleza orgánica.

Para el manejo de los cilindros de oxígeno u otro gas recomendable seguir las condiciones dadas en la sección 4.2.2.

- b) El oxígeno debe ser nombrado por su propio nombre "OXIGENO", no como es costumbre "AIRE". Lo mismo con el oxígeno líquido, debe llamarse por su propio nombre "OXIGENO LIQUIDO" no "AIRE LIQUIDO".

- c) El oxígeno nunca debe ser utilizado como sustituto del aire comprimido.
- d) No es recomendable la transferencia de un gas de un cilindro a otro por personal del hospital no autorizado según norma NFPA 56A, 1978.
- e) Se permite traspase de oxígeno desde un cilindro tipo H₂ hacia cilindros de menor capacidad, mediante la tubería de interconexión adecuada, siempre y cuando se abra completamente las válvulas de ambos cilindros.
- f) Se recomienda el uso del termo para oxígeno líquido, cuando la demanda del oxígeno del hospital exceda los 3000 metros cúbicos al mes.
- g) Además del uso del termo para oxígeno líquido, se recomienda el uso del manifold para sustituirlo en caso de falla, recarga o mantenimiento preventivo.

- h) Los bancos de carga para el oxígeno o áreas de almacenaje deben de poseer una capacidad de no menos de 25,000 pies cúbicos (566 metros cúbicos).

- i) El mínimo de cilindros que deben de instalar en un manifold de oxígeno, es de acuerdo a la cantidad de camas que posea el hospital, siendo recomendado la cantidad de 5 cilindros por ramal como mínimo.

- j) Es recomendable el uso de cilindros tipo H (ver tabla 4.1.) para los manifold de oxígeno, debido a su máxima capacidad que maneja.

- k) La presión de trabajo que se debe manejar en los manifold de oxígeno será de no menos de los 140.62 Kg/cm² y no mayor de los 210.93 Kg/cm², según normas NFPA 99C, 1987 (Gas and Vacuum System).

- l) La presión de la línea de suministro deberá de oscilar en 3.5155 Kg/cm² y 5.27325 Kg/cm² PSI para una mejor distribución del gas en todas las áreas requeridas.

- m) Es recomendable que la presión en los tomas de pared sea de 3.5155 Kg/cm² y 3.867 Kg/cm² PSI, aún es aceptable una presión de 4.2186 Kg/cm² PSI para áreas donde no haya muchos tomas o su utilización no es mucha.

- n) En todo manifold es recomendable poseer dos señales de alarmas, la audible y la visual, a la vez es preferible poseer otro panel de observación en el área de mantenimiento del hospital. Una señal visual no cancelable y otra audible, deberá indicar el funcionamiento de la batería normal o auxiliar. Para estar al tanto del manifold en funcionamiento.

o) Sistema de protección. El interruptor de cambio de batería del manifold, se conectará al instante que la alarma audible o visual funcionen. Este sistema se activará cuando la presión caiga a menos de un 20% de la presión nominal o se incremente un 20% de la presión nominal. Según normas 4-5.2.4 NFFA 99C 1987.

4.5.3.8. Manifold o cilindros de óxido nitroso (carga)

a) Además de tener los cuidados respectivos con el oxígeno (norma 4.5.3.7), es recomendable que para el óxido nitroso se sigan las mismas normas de almacenaje construcción (norma 4.5.3.6), como también con el manejo de los cilindros. Los cuales siguen las mismas normas que para el oxígeno

- b) Este manifold deberá tener características iguales a las del oxígeno, excepto las siguientes:
- i) No estará acoplado a otra fuente de suministro más que la línea de servicio para el hospital.
 - ii) Será para montaje en disposición recta anclado a la pared y para trabajar en lugar interior.
 - iii) De cinco cilindros por carga (rama) o sea 10 en total.
- c) Para un mejor funcionamiento el sistema de distribución del óxido nítrico deberá ser capaz de mantener una presión de 3.867 Kg/cm² PSI en la toma de pared más alejada.
- d) Como todo sistema de distribución, llevará incorporado una unidad automática de cambio del banco de suministro al banco de reserva, cuando

el óxido nitroso del banco de suministro se haya agotado, en un 80% de la capacidad normal, la presión no debe de disminuir mientras se efectúa el cambio (Ver figura 4.5.3.7 y siguiente)

- e) Todo componente de control, tanto para oxígeno como para óxido nitroso, deberán estar dentro de una caja NEMA (National Electrical Manufacturers Association) a prueba de agua y tendrá señales visuales que indiquen que banco (rampa) esta en uso.
- f) Según la norma NFPA 56F, 1983; para el sistema de óxido nitroso deberá tener una válvula de seguridad a 5.27325 Kg/cm² libras por pulgada cuadrada, para cualquier problema que se pueda dar por el lado de las presiones.

4.5.3.9. Sistemas de aire comprimido y bomba de succión.

- a) En locales de aire comprimido y de succión es recomendable, en concepto de construcción que se tomen en cuenta las normas para los locales de almacenaje de oxígeno y óxido nitroso. Norma 4.5.3.6., Construcción del área de almacenaje.
- b) Para área de aire comprimido se recomienda seguir lo establecido en la norma 4.5.3.6. literal c, d y e., para instalaciones del sistema eléctrico, cableado y conexiones.
- c) Con relación a la bomba de succión o vacío, el nivel de magnitud de absorción para uso hospitalario debe ser, como mínimo, 12 Plg Hg (359.04 Atm) PSI, debido a que al succionar debe de ser capaz de halar sólidos, y líquidos o algunas veces materiales gaseosos. Todo según NFPA 56F.

d) Si las condiciones del hospital lo permiten, se recomiendan diferentes mezclas entre vacío y caudal:

Alto vacío y alto caudal:

Utilizado para sólidos en general (vómitos, hemorragias, lavados estomacales, etc.)

Alto vacío y bajo caudal:

Es el utilizado normalmente en los tomas de vacío, a los cuales se les conecta el vaso recolector.

Bajo vacío y alto caudal:

Es el caso de los inyectores por el efecto Ventury de los quirófanos utilizando evacuación de gases anestésicos.

Bajo caudal y bajo vacíos:

Es útil para quirófanos en especial para operaciones gástricas, para sangre, pus de pleura, etc.

- e) Se recomienda que en un hospital existan presiones entre 5 y 10 Bar, para el aire comprimido:

Presiones menores de 5 Bar:

Utilizado para usos típicos del aire comprimido medicinal cuyas cualidades necesarias del aire son las mismas, algunos casos: Efecto Ventury; mezclado con otros gases; efecto motriz en los respiradores, limpieza de campos operatorios, etc.

Presiones mayores de 10 Bar:

Se usa como elemento motriz de herramientas neumáticas. Especialmente en traumatología, debido a su poco peso, manejabilidad y fácil regulación de velocidad.

f) Las bombas de vacío deberán estar montadas en sistemas duplex, del tipo para uso médico y aplicaciones a pacientes. La bomba debe ser del tipo de giro en seco y enfriamiento por aire. Es recomendable que existan dos bombas en el sistema que se intercambiará a un tiempo prudencial para la creación del vacío.

g) Las bombas de vacío deberán llenar válvulas de retención para vacío, manómetro de 0 a 30 pulgadas (0 - 897.6 Atm) de mercurio, lubricador automático con visor y alimentador, bandas de transmisión y guarda de bandas.

4.5.4.0. Sistema de tubería para gases medicinales no inflamables.

a) La línea principal debe estar provista con una válvula de corte, colocada en una zona de fácil acceso para cualquier emergencia. Esta válvula debe ser identificada.

- b) Cada válvula de corte debe de encontrarse afuera de cada área anestésica para cada tubería de oxígeno y óxido nitroso, localizado en zonas donde puedan ser encontrados fácilmente. Estas válvulas deben de poseer un tipo de conexión que no interrumpa otra etapa que no sea la que se desconecta. Estas válvulas deben ser del tipo aprobado para zonas de anestesia hospitalaria. Siendo colocadas en áreas especiales o de fácil acceso.
- c) Un sistema de tuberías tipo manifold, no es utilizable para la distribución de los gases anestésicos, según norma de la NFPA 56A, 1983.
- d) Todos los accesorios de conexión utilizables para el ensamble de la red deberán ser de cobre o bronce forjado, de acople soldable especialmente lavados y desgrasados, preparada para uso en línea de conducción de oxígeno.

- e) Para efectuar la unión entre un extremo de bronce o cobre con otro, la soldadura entre cañerías y accesorios de conexión, deberá utilizarse un compuesto sellado en forma de pasta o cinta, propio para utilización en línea de conducción de oxígeno, o una delgada capa de compuesto inerte, aplicado entre el 3° ó 4° hilo de rosca macho.

- f) Para la soldadura de tuberías de cobre y bronce, no deberá usar mezclas de alcohol y borax, resinas o pastas fundentes similares o equivalentes, más en cambio deberá utilizarse borax calcinado.

- g) Las válvulas de conexión para cilindros deben seguir la norma 361.2 de la NFPA 56A, 1983 y de la ANSI B57.1 1985 que nos dice: "Equipo que permita la interconexión de diferentes gases, ya sea por defecto o error en la manipulación en cualquier sección de la zona de presión alta donde cual-

quier sección de la zona de presión alta donde cualquier gas fluye no deberá ser usado para la usión de cilindros de gases comprimidos. Es muy importante saber que la mezcla interna entre un elemento oxidante y uno de gases inflamables, bajo presión, es muy peligrosa y puede causar una violenta explosión.

- h) Válvulas de servicio para pacientes serán para montaje empotrada y a ras de pared, en disposición múltiple para uso de oxígeno, aire comprimido médico y vacío médico. Serán de enchufe o acoplamiento rápido, diseñadas y fabricadas con condiciones de seguridad para evitar intercambios accidentales del equipo secundario de aplicación al paciente.

- i) Cada válvula deberá estar fabricada de cuerpo unitario de una sola pieza con una brida de metal expansivo calibre 18. Sujeta a una cubierta a prueba de polvo y provista de una válvula de retención primaria y secundaria, válvulas que deberán de sellar el flujo de gas cuando el equipo secundario no esta en uso.

- j) El montaje múltiple de éstas válvulas deberá dar la apariencia de consola unitaria teniendo una placa de acabado final de acero inoxidable, debiendo llevar permanentemente fijas y en un lugar visible, placas o gravaciones de color codificado según el gas médico que conducen.

- k) Las válvulas de corte deben de ser de cierre rápido, tipo bola de accionamiento por medio de manecilla de un cuarto de vuelta, cuerpo de bronce, doble sello, empaques anulares, para una presión de trabajo de por lo menos 300 PSI (21.09 Kg/cm²).

Lavada y desengrasada de fábrica, probada antes de su instalación y certificada para uso en líneas de conducción de gases médicos.

l) Esta válvula deberá llevar permanentemente fijo y en un lugar visible una viñeta o placa de color codificada que identifique el gas médico que esta controlando y una advertencia: "No use aceite, cierre en caso de emergencia".

m) Es recomendable colocar las válvulas de corte en gabinetes, fabricados de lámina de acero calibre 18 por lo menos, con acabado final esmaltado y secado al horno, provistos de aletas para anclaje a la pared, para empotrar y a ras de pared y a la vez con una cubierta de vidrio o acrílico, como protección de personas ajenas al uso de estos elementos. Esta cubierta deberá tener impresa la leyenda: "Peligro, control de válvulas del sistema de gases medicinal.

Cerrar las válvulas sólo en caso de emergencia"

4.5.4.1. Área anestésica

- a) La humedad relativa de una área anestésica no deberá ser menor de un 50%, a una temperatura de $70^{\circ}\text{F} \pm 5$, deberá ser mantenida en áreas inflamables y no inflamables.
- b) Es recomendable mantener el grado de humedad por medios mecánicos, o sea, a través de sistemas de ventilación (Extractores, ventiladores, etc).
- c) En áreas de anestesia es recomendable que existan sistemas de escape o extracción de aire al exterior para poder liberar en forma rápida cualquier gas que haya sido liberado en exceso por algún accidente.
- d) Los sistemas de ventilación para áreas de anestesia deberán poseer controles de desconexión automática,

actuando por medio de sensores de humos o algún transductor para prevenir:

- i) La recirculación de humo producido por algún equipo de electrocirugía.
 - ii) Y la circulación de humo por medio de sistemas de absorción, sin intervenir con el sistema de escape.
- e) La alimentación eléctrica para el sistema de ventilación deberá ser suministrada para los equipos y deberá ser tomada del ramal crítico o el de emergencia, de acuerdo a las especificaciones del NEC artículo 517, sección 100 - 107 y además de las especificaciones de la NFPA 76A.
- f) El sistema de aire acondicionado deberá ser externo, teniendo las ventajas de ventilación en los locales de anestesia.

4.5.4.2. Requerimientos para área de anestesia inflamables y áreas de almacenajes para las áreas de anestesia inflamables.

a) Con respecto a los requerimientos de ventilación, humedad y enfriamiento de las áreas de anestesia inflamable se recomienda tener las indicaciones de la sección 4.5.4.1.

b) En locales anestésicos inflamables, se recomienda que los ductos de ventilación se encuentren a no menos de 5 pies (1.5 Mts) del suelo, cada unidad seguirá las siguientes normas.

c) Cada ducto de ventilación o reguladores de temperatura (Aire acondicionado), deberá ser provisto con distribuidores verticales, el cual evitará el flujo de aire de afuera hacia adentro del cuarto en mención. Además, estos sistemas deben de ser sellados o herméticos, para evitar la introducción de materiales indesea-

bles a las áreas de anestesia.

La apertura de los distribuidores por medio de los ejes del ventilador, o algún otro movimiento que realice alguna parte del sistema, debe encontrarse sellado o protegido si la presión del área de anestesia es diferente a la presión del exterior, ya que puede ocasionar problemas en las partes mecánicas.

- d) Las partes giratorias de los ventiladores del distribuidor o extractor, deberán de ser de un material, que no produzca chispa al contacto accidental de los objetos que se encuentran a su alrededor.
- e) El área donde el gas anéste-sico inflamable se almacena, deberá ser ventilado continuamente e individualmente por medio de la gravedad o por medio de mecanismos (extractores de aire, ventiladores, etc), capaces de hacer 8 o más cambios por hora, de la atmósfera del área.

- f) Tanto la ventilación del aire fresco como del aire extraído deberán encontrarse separados una prudencial distancia entre sí. La ventana de ventilación del aire fresco deberá ser enfriado y purificado, el aire extraído es recomendable que posea un respiradero a unos 12 pies (3.65 Mts) de altura para sacar el aire extraído lo más lejos posible, previniendo un reingreso al edificio.
- g) Los ventiladores de extracción serán antiexplosivos (no producirán chispas al contacto de material) y los motores estarán conectados en el interior del sistema. Siguiendo con las normas para equipos de áreas críticas de hospitales según el artículo 517 del NEC.
- h) Un sistema de extinción de fuego debe ser instalado de acuerdo a los requerimientos para la extinción de fuego de las normas de sistemas de ventilación y aire acondicionado

(no esencial) NFPA 90A.

4.5.4.3. Distribución Eléctrica

a) Deberá poseer sistemas electricamente aislado del área de anestesia. El propósito de este sistema será de limitar el rol de las partes metálicas que están aterrizadas como medio de retorno de corrientes. El sistema aislado reduce las chispas producidas en la unión entre un conductor vivo y tierra, además, minimiza el peligro de algún corto o la quemadura producida por alguna corriente que pase a través del cuerpo humano a tierra.

Un peligro posterior es el contacto contacto inadvertido de una línea vivo y tierra, o la falla de algún aislamiento de equipo.

Un sistema de energía aislado permite el uso de un sistema aterrizado equipotencialmente, para la derivación de las corrientes de fuga y de falla.

Para evitar que estas corrientes pasen a través del paciente.

4.5.4.4. Alambrado eléctrico, Receptáculos eléctricos e instalaciones.

- a) Todo equipo de alambrado eléctrico instalado a menos de 5 pies (1.5 Mts) sobre el nivel del suelo en áreas de anestesia inflamable, deberá cumplir con la norma de instalaciones de equipos, Art. 500 del NEC y además de la norma NFPA 70 1971, Art. 501.
- b) Todo equipo de servicio, tableros o interruptores deberá ser instalado en áreas no peligrosas.
- c) Equipos de control o aparatos como motores, interruptores térmicos, reles auto transformadores, resistencias, y dispositivos de impedancia. Estos dispositivos tienden a crear arcos, chispas eléctricas o temperaturas altas no deberán ser instalados en áreas peligrosas de anestesia a

menos que cumplan con las normas anteriormente mencionadas (a).

d) Improvisar un sistema de aislamiento para áreas de anestesia inflamable no es recomendable, debido a los peligros que ocasionaría.

e) Instalaciones de interruptores eléctricos en locales peligrosos (locales de anestesia inflamable) deberá cumplir con las normas de la NFPA 70, sección 501 - 6(a).

f) Instalaciones de interruptores eléctricos en otra área que no sea peligrosa deberá cumplir con la norma 338.3 de la NFPA 56A - 1973. Dice "Instalaciones de lámparas cielíticas para quirófano, deberán ser alimentados por sistemas no aislados pero deberán ser monitoreados por la LIM (Lineal Isolation Monitor). Interruptores, dimer deberán ser controlados por circuitos secundarios.

g) Receptáculos eléctricos y tomas en áreas de peligro, dispositivos que posean un sistema de seguridad, para que cuando este conectado, sea imposible la separación, debido a la chispa que se pueda crear en la unión de los conductores.

h) Los interruptores eléctricos deberán ser diseñados para áreas anestésicas, tipo grado hospitalario 125 Voltios (20 Amp), deberán ser antiexplosivos, intercambiables si es posible entre sí, para poderse conectar en cualquier equipo, siguiendo las normas de polaridad según el NEC, capítulo 500.

4.5.4.5. Suelo Conductivo

Suelo con características especiales de conducción, deberán ser instalados. Es recomendable extender del cuarto de anestesia hacia el corredor o pasillos unos 10 pies más de éste tipo de piso.

- b) El piso conductivo deberá proveer de un camino de conducción moderada de la electricidad entre cualquier persona y los equipos o postes metálicos que se encuentren en contacto con el piso, previniendo de esta forma la acumulación de cargas electrostáticas peligrosas. Ningún punto de un elemento no conductivo en la superficie del suelo deberá de estar a menos de 1/4 de pulgada (0.0762 Mts) del elemento conductivo de la superficie.
- c) La resistencia del suelo conductivo deberá ser menor que 1,000,000 Ohms medidos entre dos electrodos separados a 3 pies (0.91 Mts) de cualquier punto del suelo.
- d) La resistencia del suelo deberá ser mayor de 25,000 Ohms medidos a través de una conexión a tierra y un electrodo conectado a cualquier punto del suelo y también conectado los dos electrodos separados unos 3 pies (0.91 Mts) uno de otros en cual-

quier parte del piso.

- e) Tuberías de piso, si son instaladas en áreas de anestesia deberán ser del tipo aislado (PVC), o aislar las tuberías si son galvanizadas.
- f) El piso conductor deberá ser conectado a la línea de aterrizado a tierra del cuarto o sección de anestesia.
- g) La resistencia de conducción del suelo deberá ser medida inicialmente (al instalar) y periódicamente se deberá estar probando, para observar si el rango permisible de resistencia es mantenido. El período de prueba se recomienda mensualmente, manteniendo un record desde la primera medición hasta la actual.
- h) Según Norma 462.8 de la NFPA 56A, 1983 deberá seguir los siguientes pasos para la prueba del suelo.

- i. El piso deberá estar limpio y el cuarto deberá estar libre de cualquier mezcla de gas.

- ii. Cada electrodo de conexión pesará aproximadamente 5 Lbs., deberá estar limpio, plano y de diámetro circular de $2 \frac{1}{2}$ pulgadas, (0.762 Mts) el cual hará contacto con la superficie conductora, la cual tendrá un anillo de aluminio o material conductor de aproximadamente 0.0005 (152.4 x 10 Mts a 0.0001 (30.48 x 10 Mt) pulgadas de grosor, protegido por hule cuyo grosor será de $\frac{1}{4}$ - pulgada o más.

- iii. La resistencia deberá ser medida con un ohmímetro de alta precisión el cual operará con una salida de circuito abierto de 500 Vdc y una corriente de corto circuito de 5 miliamperios con una resistencia efectiva de 100,000 Ohms \pm 10.

iv. La medición deberá hacerse en 5 ó más puntos diferentes del cuarto y el valor obtenido deberá ser almacenado como información de comparación. Ninguno de los puntos deberá medir menos de 10,000 ohms y el promedio de no menos 5 mediciones deberá ser mayor de 25,000 ohmios. Al realizar la medición los electrodos del equipo de prueba deberán de estar a no menos de 3 pies (0.91 Mts) uno del otro para realizar las pruebas.

4.5.4.6. Requerimientos generales para áreas anestésicas.

a) Cada hospital deberá autorizar la prueba periódica de los equipos, material conductivo, el control de materiales antiestáticos que consumen (tubos) y la prueba del piso conductivo.

- b) La regulación de los equipos electrónicos utilizados en las áreas de anestesia deberán ser inspeccionadas por el departamento de mantenimiento del hospital. Entre los equipos mencionados están, equipo de monitorización, equipos de diatermia, sistemas de datos y otros con características similares, los cuales podrían causar problemas en áreas anestésicas debido a chispas.

- c) Según normas hospitalarias se prohíbe el uso de equipos de Rayos X en áreas de anestesia inflamables, si el equipo no ha sido aprobado para su operación en áreas de anestesia.

- d) Cubiertos de tejidos o alguna forma de laminado no deberán ser utilizados en equipos de anestesia capaz de utilizar agentes anestésicos, porque la cubierta podría retener gas que se está escapando del cilindro. Cuando la cubierta es removida de la superficie puede crearse una carga

estática, produciendo una explosión con la ignición del gas que se encuentra bajo la cubierta.

e) El uso de la técnica de sobre-respiración en la administración de gases anestésicos en todo el tiempo es altamente considerable. Por medio de esta técnica el escape de la mezcla anestésica es minimizada.

f) Equipos de alta frecuencia, ya sea eléctrico o electrónico, tal como los de electrocirugía, monitores, grabadores, cámaras de TV., etc., sino cumplen con las normas para los equipos cuando se está administrando el gas anestésico. Equipos de cirugía eléctrica y cauterización no deberán ser usados en procedimientos que involucren el uso de agentes anestésicos inflamables. Según la norma 4514 NFPA 76CM.

- g) Cada conector o toma de gas medicinal deberá cumplir con lo establecido por la CGA o según la norma A-3-2.2.2.5 NFPA 99-1984. La cual codifica cada conector según la tabla siguiente:

Gas	Conexión N°
Oxígeno Médico	870
Mezcla dióxido de carbono y oxígeno	880
Oxido nitroso	910
Dióxido de carbono	940
Mezcla Helio-Oxígeno	890
Etileno	900
Ciclopropano	920
Helio	930

Para gases médicos se pueden utilizar las dimensiones de conexión 860. Figura 4.4. Además, en la figura 4.5. literal a, se muestran los conectores para los gases médicos; en el literal b se muestran los tomas de gases médicos.

INHALATION ANESTHETICS

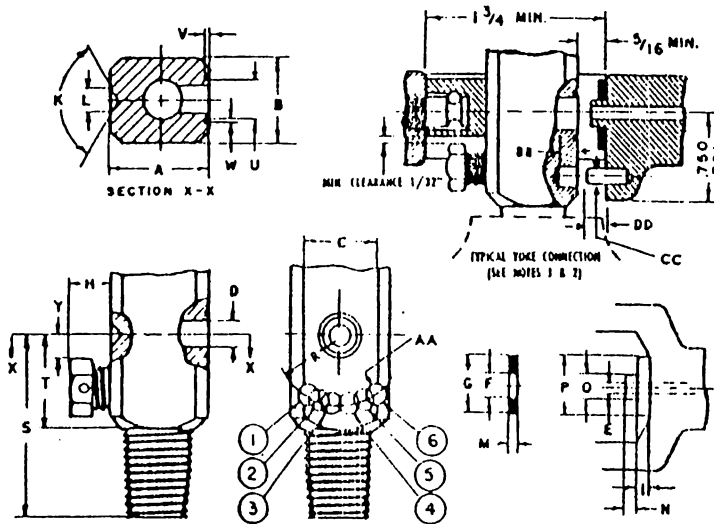
COMPRESSED GAS ASSOCIATION, INC.
NEW YORK, N. Y.

CONNECTION NO. 860

YOKE OUTLET FOR MEDICAL GASES

STANDARD FLUSH OUTLET CYLINDER VALVE YOSE CONNECTION

BASIC DIMENSIONS FOR CONNECTION NUMBERS 870 THRU 940, INCLUSIVE



VALVE OUTLET NO. 861	
MAJOR WIDTH	A 1" ± 1/64"
MINOR WIDTH	B 7/8" ± 1/64"
FACE	C 5/8" MIN.
HOLE DIA.	D .275"-.284"
COUNTERSINK ANGLE	K 100°-120°
COUNTERSINK DIA.	L 13/64"-1/4"
MINOR GROOVE DIA.	U 3/16"-3/16"
GROOVE WIDTH	W .030" MAX.
GROOVE DEPTH	Y .030" MAX.
DISTANCE	S 1.11/16" MIN.
DISTANCE	T 13/16" MIN.
CLEARANCE	Y* 5/16" MIN.
PROJECTION	M* 3/8" MAX.
HOLE DIA.	AA .1870"-.1910"
HOLE DEPTH	BB 7/32" ± .002"
RADIUS	R 9/16" (REF.)

WASHER NO. 865	
DIAMETER	G 1/8" ± 1/64"
HOLE	F .245"-.245"
THICKNESS	M 1/16" ± 1/64"

NIPPLE NO. 863	
HOLE DIA.	E 1/32" ± 1/32"
HOLE DIA.	O .235"-.235"
HOLE LENGTH	M .140"-.170"
SHOULDER DIA.	P 1/8" MIN.
SHOULDER LENGTH	I TO FIT YOKE
PIA DIA.	CC .135"-.137"
PIA LENGTH	OD 7/32" ± .002"

NOTE 1 - YOKE OR STABILIZER SHALL BE SO DIMENSIONED AS TO LIMIT ITS ROTATION ON THE VALVE TO ± 4 DEGREES.

NOTE 2 - 1 3/4" MAY BE REDUCED TO 1 3/8" IF CLEARANCE IS PROVIDED FOR PROJECTING SAFETY NUT.

*APPLICABLE ONLY IF PROJECTING TYPE SAFETY IS USED.

‡Must be central within .010 in. Break sharp edge on outlet hole and gasket groove.

Figure 4.4.

4.5.4.7. Almacenamiento de agentes inflamables

- a) El hospital deberá autorizar, en consulta con las personas idóneas (doctores, personal, etc), el local adecuado para guardar los gases anestésicos inflamables.

- b) El almacén de los agentes inflamables deberá cumplir con las normas de construcción que se han presentado en las normas para oxígeno y óxido nítrico, que con respecto a la construcción es semejante.

- c) Agentes inflamables deberán ser almacenados en áreas específicas para cada agente anestésico inflamable. Agente inflamable no deberá ser almacenado en secciones donde el agente no es inflamable, como además, los cilindros de los gases en cuestión no deberán mezclarse por ningún motivo ni tampoco conectarlos a aparatos específicos para cada gas.

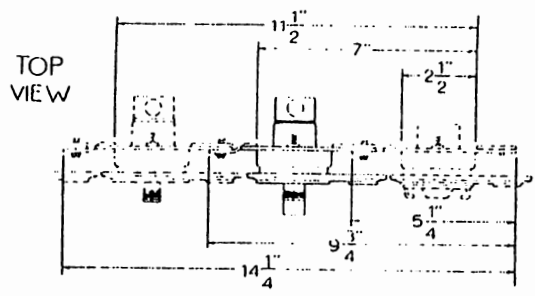
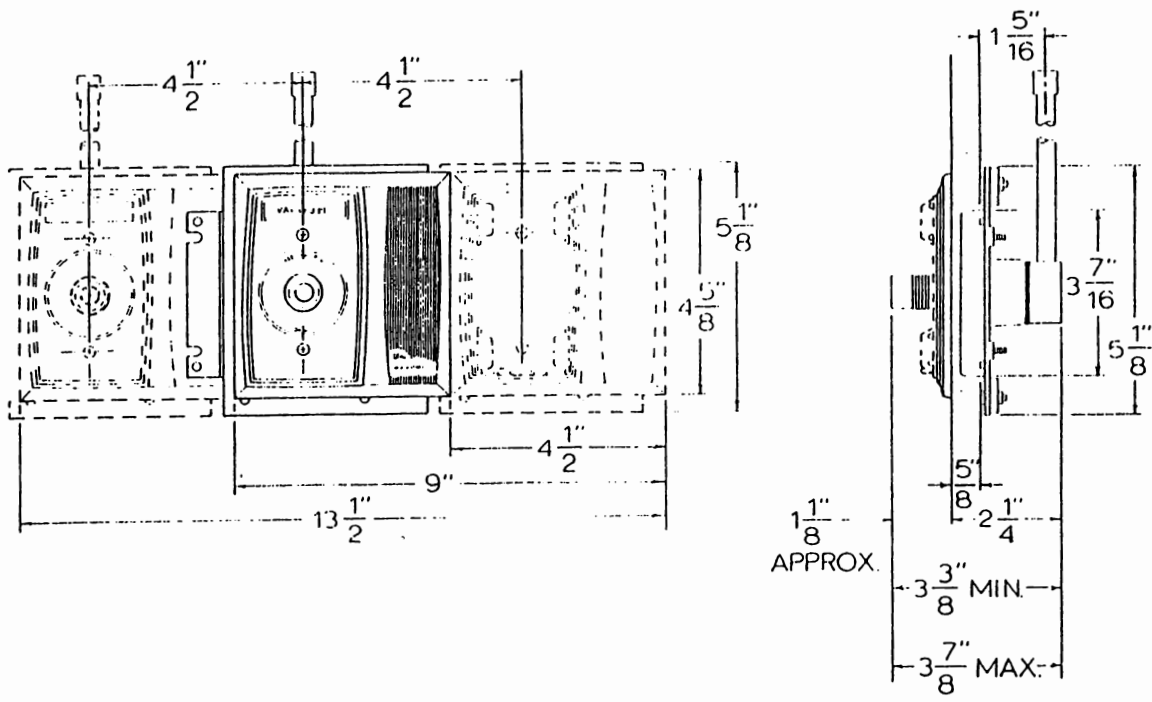


Figura 4.5. (a)

- d) Cilindros conteniendo gases inflamables (ethyleno, cyclopropane, etc), y recipientes de líquidos inflamables, ether dietílico, ether divinílico, etc), deberán ser alejados de las proximidades de cilindros que contengan gases oxidantes (oxígeno y óxido nitroso). Deberán usarse cuartos separados para el manejo de cada uno.
- e) Lugares de almacenaje para los agentes inflamables, se deberá mantener alejados de los cilindros de oxígeno y óxido nitroso.
- f) Fuentes de iluminación y equipos de ventilación en almacenes de agentes inflamables, deberán de poseer interruptores con grado hospitalario y a la vez se recomienda que los sistemas de ventilación sean con protección anti-explosiva.

4.5.4.8. Área de anestesia no inflamable

- a) Toda área de anestésicos no inflamables, si se encuentra en instalaciones mixtas, deberá ser identificado apropiadamente, en todas las entradas del cuarto y sin que la sección indique un tipo de gas permitido. La identificación dirá: "Restringido a agentes anestésicos no inflamable".
- b) Cada cuarto de operación contendrá solo áreas de anestesia no inflamable proporcionando aproximadamente de esta forma una regulación notoria.
- c) El piso en secciones de gases no inflamables, no es recomendable usarlo antiestático o de característica conductiva. Si se utiliza deberá seguir la norma 4.5.4.3.
- d) El hospital decidirá si el área de almacenaje contendrá los gases anestésicos inflamables o no inflamables en la misma sección (instalación -

mixta) y se tomará el cuidado del desarrollo, como si el almacén fuese estrictamente para gases inflamables.

C A P I T U L O N º 5

5.1.DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ANALIZADOR DE SEGURIDAD ELECTRICA

5.2. Introducción

En éste capítulo se explicará la importancia de un "analizador de seguridad eléctrica", y su utilidad en las instalaciones eléctricas hospitalarias como en los equipos electromédicos, a su vez se explicará el procedimiento de diseño e implementación.

Servirá para realizar pruebas a instalaciones hospitalarias a un bajo costo, con el fin de verificar que no existe ningún peligro de naturaleza eléctrica para el paciente ni para el personal, incluyendo los pacientes eléctricamente susceptibles.

Las pruebas que se efectuarán están basadas en las recomendaciones que especifica el manual de seguridad de las diferentes entidades encargadas en el ramo, tales como: NEC, ASHE, NFPA, etc.

5.3. Seguridad General

Durante el cuidado de la salud del enfermo, se expone al paciente y a los empleados hospitalarios, a una gran variedad de condiciones ambientales que pueden afectar su salud. Las exposiciones ambientales en el hospital se categorizan de la misma manera que en otros centros de trabajos:

- Condiciones químicas

- Biológicas

- Físicas

- Psicológicas

- Eléctricas

Por otro lado, los pacientes son posibles víctimas de tres tipos de accidentes:

- Caída de la cama
- Descargas eléctricas de diversos tipos de equipos eléctricos
- Explosiones a causa de gases anestésicos

Los instrumentos eléctricos personales, si son permitidos, deberán ser verificados por un técnico del equipo de mantenimiento del hospital, para poder vigilar conexiones y cableados seguros, tierra y operación apropiada, pero no deben admitirse donde existe equipo de terapia respiratoria. Todo equipo médico eléctrico o electrónico debe revisarse mediante un programa de mantenimiento preventivo para asegurar una operación adecuada y segura. En el próximo capítulo se explicarán los procedimientos de prueba requeridos.

En un amplio contexto, los niveles de seguridad en un hospital requiere primero de la experiencia técnica para reconocer peligros y tomar medidas preventivas. Esto debe de ser tanto en áreas mecánicas como eléctricas y otras áreas que necesitan de un estudio exclusivo fuera de nuestro contexto.

Hemos discutido los peligros eléctricos, los cuales son dañinos y peligrosos. La energía eléctrica, si se le permite fluir en los órganos del cuerpo humano, puede ser peligrosa aún con niveles de corrientes abajo de 20 μA . Además de los peligros físicos que puede proporcionar la electricidad, es en ocasiones fuente de ignición para incendios, en zonas de alta concentración de gases inflamables.

Para los peligros que conllevan las instalaciones eléctricas debido a las corrientes de fuga, a la mala polarización y el mal aterrizado de los dispositivos, se diseñará el Analizador de Seguridad Eléctrica (A.S.E). Que proporcionará una gran ayuda para monitorear los valores límites y a la vez para indicar las fallas, que podrían causar daños irreversibles a los pacientes como a los operarios de equipos.

5.4. Analizador de Seguridad Eléctrica

Como se ha mencionado anteriormente, las corrientes de fuga en las zonas críticas, no son deseadas por lo cual existen dispositivos de protección y alarmas de diferentes tipos, entre estos dispositivos se encuentran:

1. Interruptores diferenciales. Circuito de corte de fuga a tierra operados con corrientes diferenciales.
2. Los transformadores de aislamiento *
3. Los monitores de aislamiento *
4. Analizador de Seguridad Eléctrica

* Dispositivos nombrados en capítulo 3

5.4.1. Interruptores Diferenciales (COELB)

Los interruptores diferenciales sirven para proteger a las personas contra corrientes de choque. En caso de contacto indirecto protegen tanto la instalación global como partes de ella o circuitos individuales.

Si se usan interruptores diferenciales con $I_n \leq 30 \text{ mA}$, estos ofrecen también una amplia protección en caso de contacto directo. También produce un corte en los sistemas donde la corriente a tierra alcanza la sensibilidad nominal.

La estructura de un interruptor diferencial puede dividirse en tres grupos funcionales:

1. Transformador de intensidad suma para captar la corriente de defecto
2. Disparador para transformar la magnitud eléctrica en un efecto mecánico.
3. Mecanismo de maniobra con los contactos.

El transformador de intensidad suma comprende todos los conductores precisos para conducir la corriente, dado el caso también el neutro.

En una instalación sin defectos, en el transformador de intensidad suma se compensan los efectos magnetizantes de los conductores por los que circulan corrientes, ya que según la ley de Kirchhoff debe ser cero la suma de todos ellos.

Una recomendación para este tipo de protección, dice que es preferible instalarlo para equipo no soportador de vida y si se instala a equipo para cuidado de paciente, es preferible hacerlo a través de un monitor de aislamiento. Y esto es debido a que el interruptor diferencial corta la alimentación eléctrica, cuando se sobrepasa el valor de la corriente máxima programada, desconectando el equipo instantáneamente, no así con un monitor de aislamiento, ya que este posee un rango menor de alarma, aproximadamente $20\mu\text{A}$. Si este valor es sobrepasado indicará una alarma de que el límite se ha sobrepasado, evitando de esta forma que las corrientes se eleven de su rango y a la vez protegiendo al paciente de la suspensión de su soporte de vida.

5.4.2. Analizador de Seguridad Eléctrica

El Analizador de Seguridad Eléctrica, es un instrumento de medición, portátil, diseñado para que el usuario sea capaz de investigar y registrar datos de peligros eléctricos en el hospital.

Es capaz de ejecutar pruebas de seguridad en equipo operado con energía eléctrica y su instalación a tierra.

El analizador de seguridad proporciona la gama completa de instrumentación necesaria para evaluar en forma global el nivel del peligro eléctrico en que se encuentra el paciente o un operador, incluyendo al paciente eléctricamente susceptible.

Un analizador de seguridad esta compuesto, la mayoría de veces de:

- a) Un probador de circuito de receptáculo.
- b) Un probador de circuito de corriente de fuga.
- c) Un probador de resistencia de línea a tierra.

Estos tres sistemas serán presentados en el analizador de seguridad que se diseñará.

- a) Probador de Circuito Receptáculo para áreas no aisladas.

Este probador será diseñado con una simple adaptación de luces indicadoras de neón (rojos, amarillos, verdes), proporciona un medio adecuado para probar receptáculos polarizados unifásicos de 115 V_{ac} de tres alambres en cuanto a una conexión apropiada del alambre a tierra, polaridad correcta, o falla de cualquiera de los tres alambres.

Si se halla cualquier condición anormal, el receptáculo puede ser examinado y reemplazado, en caso de ser necesario, por el personal calificado.

- b) Probador de circuito de corriente de fuga.

El probador está diseñado para medir el nivel de escape de la corriente de fuga, dentro de un rango que se establecerá en la etapa de diseño.

Pudiendo medir fugas en equipos portátiles o pequeños instrumentos. Será discutido todos los parámetros respectivos en la sección 5.3. la cual establecerá todas las características deseadas para un mejor equipo.

c) Un Probador de Resistencia de Línea a Tierra.

Esta etapa consistirá en una fuente de corriente constante, la cual hará circular ésta corriente a través del circuito o línea a medir para proporcionar la resistencia deseada.

Este valor se tomará de la variación de voltaje que habrá al pasar por medio de un material conductor.

Al mantener la corriente constante se podrá extraer, según la ley de Kirchhoff la resistencia de dicho material.

En la sección 5.3. se proporcionará los rangos a establecer para una mejor medición y exactitud de dicha variable (Resistencia).

5.5. Diseño del Analizador de Seguridad Eléctrica

La etapa en bloques se muestra en la figura 5.1. consta de una etapa de prueba de circuito de receptáculos, el cual nos indica si el tomacorriente está bien alambrado, para su comprobación se ha construido la tabla 5.1. (Además ver figura 5.2).

Condición	Am	Rojo	Blanco
Cableado correcto		x	
Polaridad invertida			x
Tierra abierta		x	x
Neutro abierto	x	x	
Vivo abierto	x	x	x
Vivo y tierra invertidos	x		
Vivo y tierra desconectado	x		x
Vivo desconectado y neutro conectado a vivo			x

TABLA 5.1. Condiciones de Conexión para un enchufe según el Analizador de Seguridad.

encendido (-)
 apagado (x)

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ASE

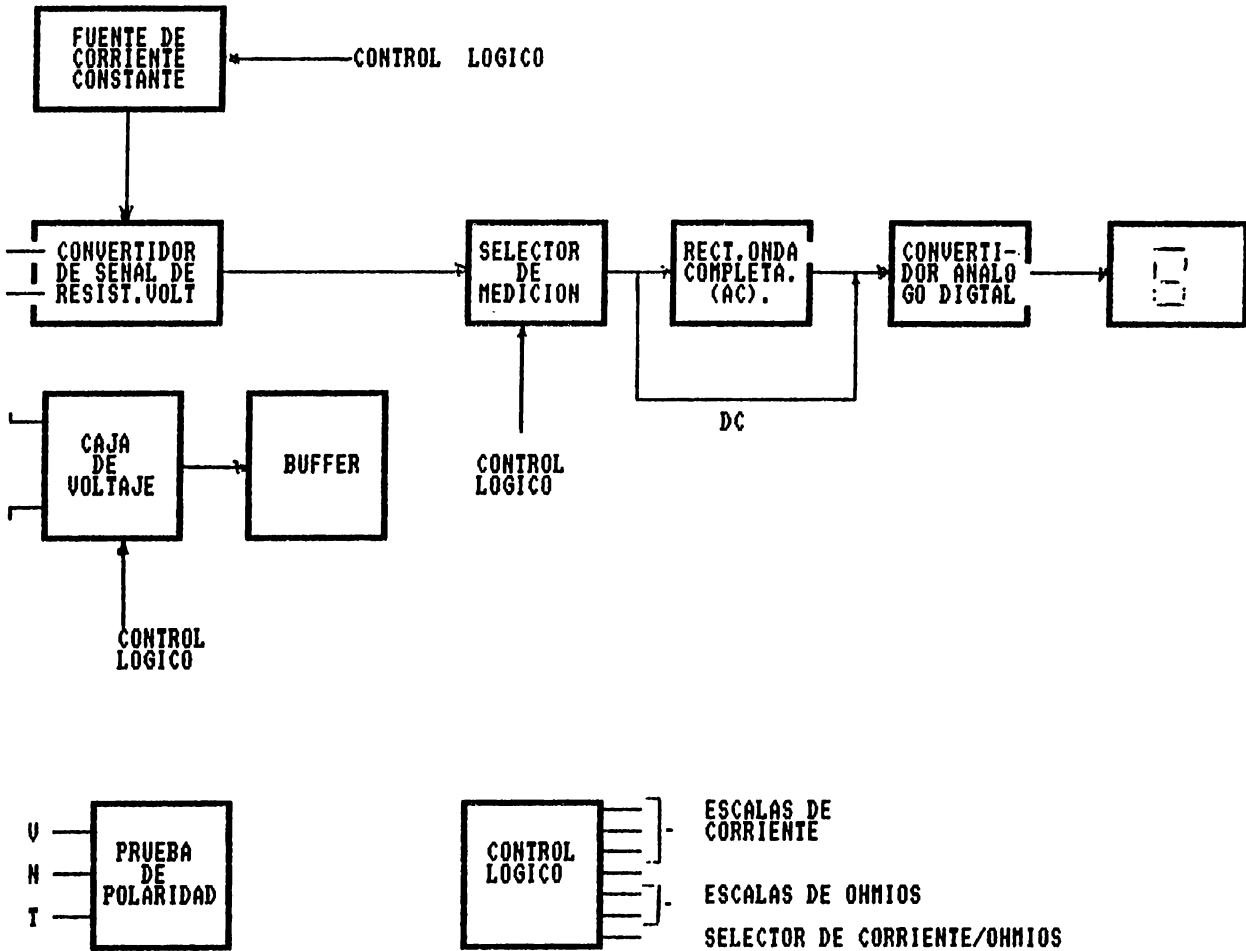


FIGURA 5.1

Posteriormente se encuentra la etapa de medición de corriente de fuga (I_r). Esta formada por una etapa atenuadora, amplificadores y además una selección de escala, pasando a un rectificador de onda completa, para ser posteriormente presentado en la pantalla.

La siguiente etapa seleccionada por interruptores es el ohmímetro o medición de resistencia de línea a tierra, consta de una fuente de corriente constante, amplificadores de señal selectores de escala y la etapa de presentación (display), que es común para ambas mediciones (I_r y Ohms).

5.5.1. Rangos de medición y cálculo de diseño

- a) Para la etapa de medición de corriente de fuga se han seleccionado 4 escalas:

Mínimos : 0 - 0.2 mA
 0 - 2 mA

Máximos : 0 - 20 mA
 0 - 200 mA

Se han seleccionado estos valores debido a los estándares proporcionado por normas americanas y europeas, ya que, las corrientes de fuga deben oscilar en valores bien inferiores a los establecidos por las normas NFPA-76 bt y la AAMI seguridad de límites de corrientes.

En la etapa para la resistencia de línea a tierra se presentan dos escalas.

Mínimo : 0 - 0.2

Máximo : 0 - 2

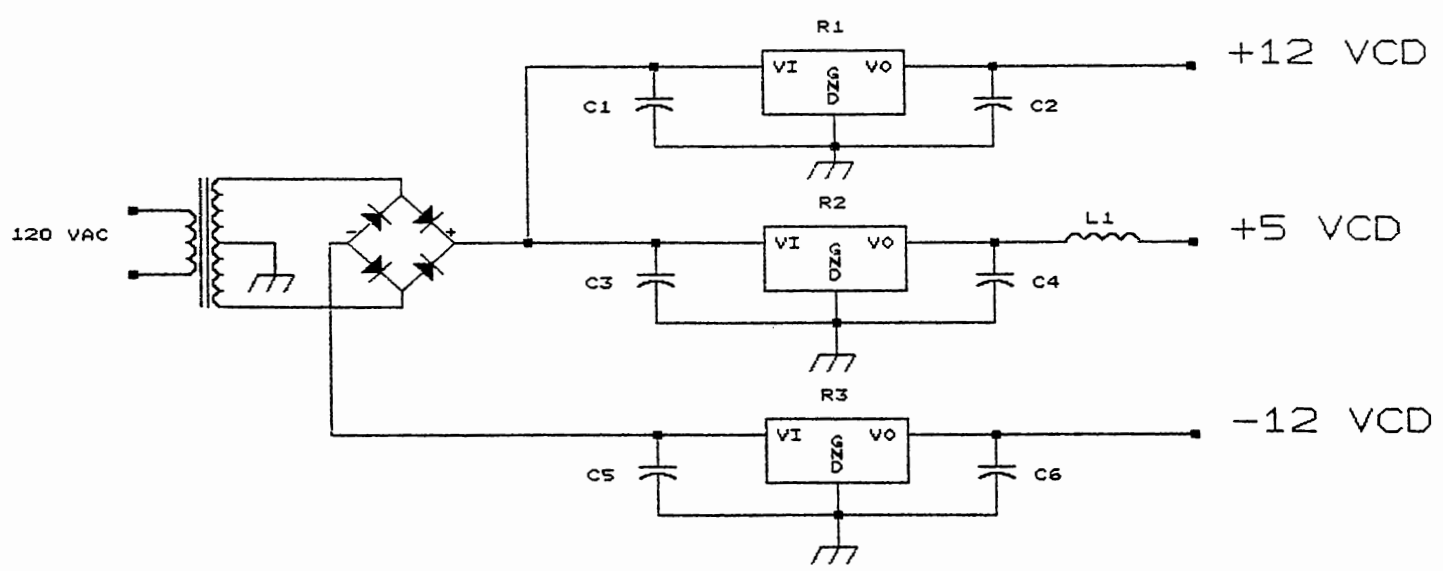
Según normas de la NFPA-76 BT

- b) Cálculo de diseño para la fuente de alimentación.

Se selecciono reguladores de ± 12 voltios y de 5 voltios valores estandar para los elementos utilizados en la alimentación del circuito.

Figura 5.3

ETAPA DE POTENCIA



UNIVERSIDAD DON BOSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
Title	
ETAPA DE POTENCIA	
Size Document Number	
A	figura 5.3
Date: December 30, 1991	Sheet 1 of

c) Cálculo de etapas de la resistencia de línea a tierra.

Inicialmente se seleccionó una corriente de 5 mA para proporcionar la fuente de corriente constante, pero al realizar las pruebas, el offset sobreponía el valor a medir dando errónea la medición, rediseñando el circuito ayudándonos esta vez por transistores de potencia para poder incrementar los niveles de corriente de la fuente. Proporcionando de esta manera una mejor medición en cualquier valor de resistencia que se haga. (Fig. 5.4 a)

El voltaje alrededor de A1 es un circuito de transresistencia en donde la resistencia de medición (Rx) es colocada en el circuito de realimentación del amplificador (A1), de esta manera una corriente constante 5 voltios en el punto Y es hecha circular a través de la resistencias R1 ó R2; y dadas las características de este montaje dicha corriente circula a través de la resistencia de medición, lográndose de esta manera un voltaje de salida proporcional al valor de la resistencia en medición.

El voltaje de resistencia es obtenido por regulador tipo paralelo, con un diodo zener y con un transistor (T1) para una mayor capacidad de corriente. R1 y R2 determinan la corriente constante de 20 mA, y son conectados a través de un rele (K1), cuyo circuito de control esta formado por la etapa de los transistores T3 y T4 cuyo control es proporcionado por la etapa lógica. Finalmente la señal del punto 6 es amplificada por A4.

- d) Cálculo y diseño para la medición de corriente de fuga.

Para esta etapa se tiene un circuito atenuador y una etapa amplificadora. Figura 5.4 b. Los cálculos se presentan a continuación:

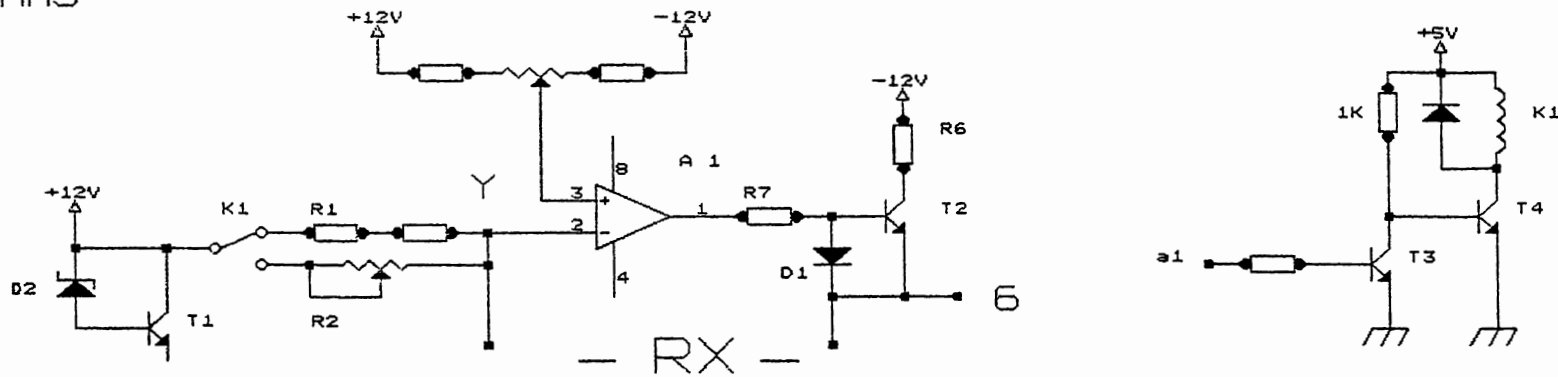
Los valores críticos a referenciar son:

$$\text{Volt}_1 = 100 \mu\text{V} - 0.2 \text{ Volt}$$

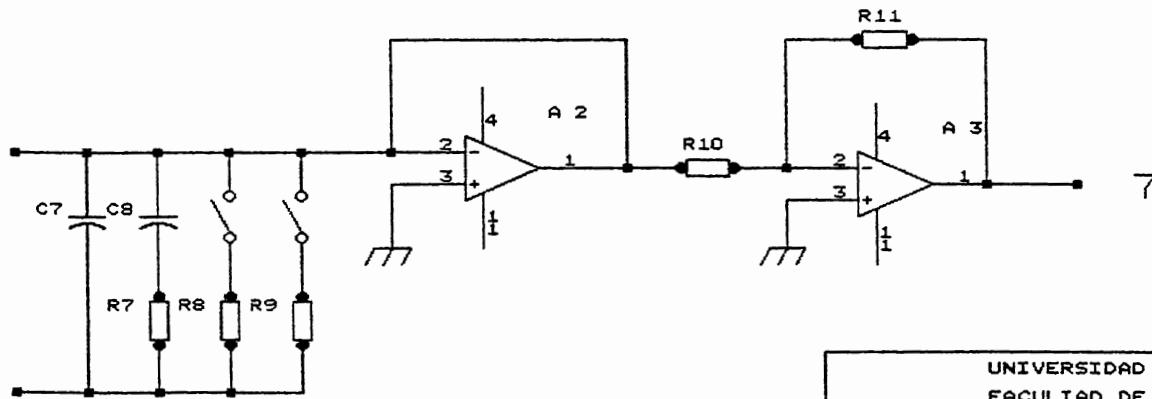
$$\text{Volt}_2 = 1 \text{ mV} \quad 2 \text{ Volt}$$

ETAPA DE AMPLIFICACION

OHMS



CORRIENTE



UNIVERSIDAD DON BOSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
Title	
ETAPA DE AMPLIFICACION	
Size Document Number	
A	figura 5.4 a y b
Date: December 30, 1991	Sheet 2 of

Luego para un V_p se tiene:

$$V_{pa} = 100 \mu(J_2) \quad 141.4 \mu\text{Volt}$$

$$V_{pb} = 0.2J_2 \quad 282.84 \text{ m Volt.}$$

$$V_{pc} = 1m(J_2) \quad 1.414 \text{ mVolt}$$

$$V_{pd} = 2(J_2) \quad 2.828 \text{ Volt}$$

Conteniendo los valores críticos para cada etapa, se seleccionará los valores de resistencia que proporcionarán la escala de medición.

Las resistencias R_6 , R_7 , R_8 , de A3 (no inversor) se calculan:

$$\text{Si } V_o = (1 + R_n/R_\varphi) V_{in}$$

$$R_n = (V_o/V_{in} - 1) R_\varphi$$

$$\text{Para } R_\varphi = 10K$$

$$V_m = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{in} \quad V_{pa} \quad 282.84 \text{ mVolt}$$

$$\text{Si } A_1 \quad V_o/V_{in} \quad 5/282.84\text{mV} = 17.67$$

$$R_6 \quad (17.67 - 1) 10k \quad = 166.77k$$

Para la ganancia A_2 se tiene:

$$V_{in} \quad V_{pd} \quad 2.82 \text{ Volt}$$

$$A_2 \quad V_o/V_{in} \quad = 5/2.828$$

$$R_7 \quad (.1768 - 1)10K = 7.67 \text{ K}$$

Los valores de las resistencias (R_6 y R_7), son demasiado exactos, consideramos colocar potenciómetros variables para cada caso:

$$R_6 \quad = \quad 200 \text{ K}$$

$$R_7 \quad = \quad 10 \text{ k}$$

La selección de las escalas se obtuvieron de la forma siguiente:

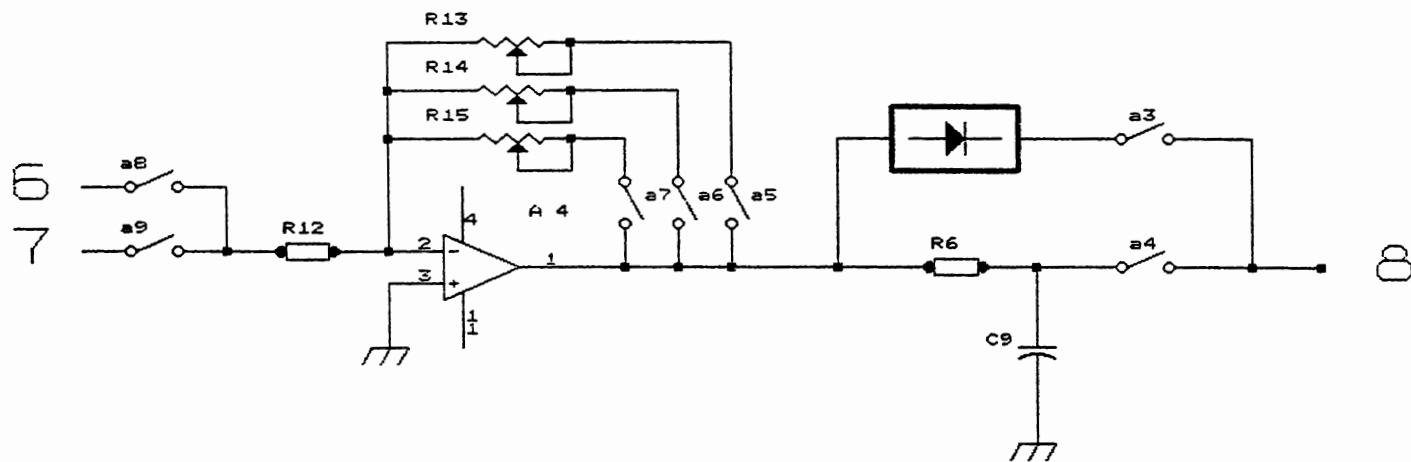
Ganacias establecidas :Menor 17.67 (A_1)Mayor 17.67 (A_2)De las resistencias de la red RC, se tiene: R_1 10 (Escala mayor) 700 R_2 1k (Escala menor) 1000Escalas:

	V	5
E_1		
	$A_2 \times R_2$	(1.7 x 1k)

E_1	2 mA	
-------	------	--

	5	
E_2		200 mA
	1.7 x 10	

AMPLIFICACION Y RECTIFICACION



UNIVERSIDAD DON BOSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
Title	
AMPLIFICACION Y RECTIFICACION	
Size Document Number	
A	figura 5.4 c
Date: December 30, 1991	REV

5

$$E_3 = \frac{0.20 \text{ mA}}{17.67 \times 10^{-3}} = 11.32 \text{ mV}$$

5

$$E_4 = \frac{20 \text{ mA}}{17.67 \times 10^{-3}} = 1132 \text{ mV}$$

Luego escalas a seleccionar:

$$E_1 = 0 - 2.0 \text{ mA}$$

$$E_2 = 0 - 200 \text{ mA}$$

$$E_3 = 0 - 0.2 \text{ mA}$$

$$E_4 = 0 - 20 \text{ mA}$$

El cálculo de R_B se ejecutará con una ganancia de un 50% del valor, obteniéndose:

$$\text{Si } A_{v3} = 50$$

$$R_B = (50-1)10K = 490 \text{ K ohms}$$

Sustituyendo la resistencia por potenciómetro:

R_a 500 k ohmios

e) Etapa de control de interruptores

En la siguiente etapa se analiza la lógica o secuencia que proporciona el uso del analizador de seguridad. Obteniéndose la tabla 5.3. que explica la secuencia para la medición de resistencia y la medición de la corriente de fuga.

Desarrollándose posteriormente la circuitería de esta etapa que controlará la selección de evento y escalas de estos, el circuito es proporcionado en la figura 5.5

f) Minimización del error del Op-Amp.

En éste caso consideramos el efecto de cada amplificador operacional. Voltaje de entrada (Offset).

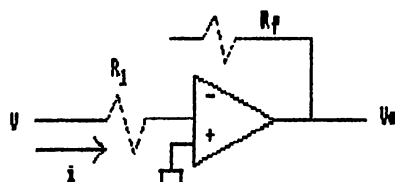
ETAPA DE CONTROL DE LOS INTERRUPTORES

		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}
Medición R cable tierra	Menor	0	1	0	1	0	1	1	1	0	-	-
	Mayor	1	0	0	1	0	0	1	1	0		
		<hr/>										
		A_0	A_1									
		<hr/>										
Medición I fuga.		0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
		1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
		0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
		1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1

TABLA # 5.3.

Todo amplificador operacional tiene un desproporcionamiento leve del voltaje de base transmitido de las dos entradas del transistor. Da como resultado un voltaje Offset en la salida del operacional (Figura 5.6). El voltaje offset de entrada V_{io} (entre las bases de los dos transistores) es referido a la salida offset V_o , por medio de:

$V_o = V_{io} (1 + R_f/r_1)$ de la figura



Esta ecuación es verdadera para ambas configuraciones (inversora y no inversora). Ejemplo, si el circuito tiene una ganancia de voltaje de -1000 (un amplificador inversor), se dividirá el voltaje offset de salida entre 1001 para obtener el voltaje de entrada offset.

En toda hoja de especificaciones para amplificadores operacionales, se especifica el voltaje offset en el terminal de entrada, desde que la magnitud del offset de salida depende de la ganancia del circuito. La entrada del offset es independiente del circuito.

Por definición, el voltaje offset de entrada es el voltaje requerido a través de la terminal de entrada que anula la salida.

El voltaje de entrada offset (V_{io}) es común en rangos de fracción de milivoltios. En circuitos de alta ganancia el voltaje offset de salida puede alcanzar valores de voltajes elevados. Este voltaje offset puede variar con la temperatura y podría causar problemas un un sistema de acople - AC.

La mayoría de los amplificadores operacionales poseen un terminal de ajuste del offset como se muestra en la figura # 5.7

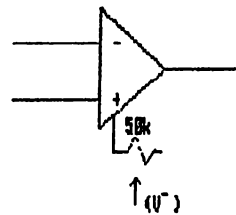


Figura 5.7

Un potenciómetro es colocado entre estos dos terminales con el extremo conectado a la fuente de alimentación, el ajuste del offset de entrada, $\pm 15\text{mV}$, es posible con éste método. Si el operacional no esta provisto de pines de ajuste de offset, el circuito de la figura # 5.8 es el recomendado.

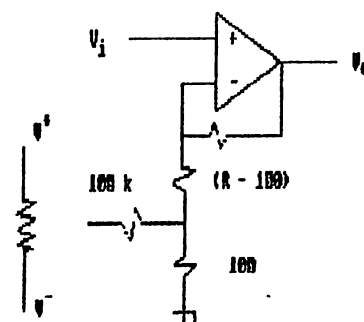


Figura 5.8

Problemas de la parte analógica

a) Offset:

Producía alteración del comportamiento del sistema, la solución fué implementar las redes de corrección a todos los operacionales. Figura 5.8

b) Ruido:

Hubieron dos tipos, el propio del circuito y el otro parásito, que se introducía al sistema, ambos fueron reducidos bastante por medio de capacitores. Tanto en las líneas de alimentación como en pines de los operacionales en los que el fabricante recomienda colocar.

El valor de los capacitores fueron de orden de los microfaradios para las líneas de alimentación y de 0.1 y 0.01 en los pines de los operacionales.

c) Líneas de tierras

Dependiendo de la distancia y debido a la caída en ellas producía diferencias de potencial que introducía error entre etapas de amplificación. La manera de reducir los errores de éste tipo fué crear el mayor número de pasos posibles entre líneas de tierra para reducir las caídas de potencial.

Proceso de calibración

Colocando a tierra la entrada de cada amplificador se ajusta el offset con ayuda de la red de eliminación (Figura 5.8), ajustándolo con el fin de reducirlo a lo menos posible.

CAPITULO N° 6

6.1. ANALIZADOR DE SEGURIDAD ELECTRICA

6.1.1. Introducción:

Este manual contiene instrucciones de operación del analizador de seguridad eléctrica (ASE), con lectura digital.

6.1.2. Descripción:

El analizador de seguridad eléctrica es un instrumento de precisión, con escalas manuales, diseñado para la verificación y estudio del sistema eléctrico para evitar cualquier daño en los pacientes en estado grave.

Este equipo ha sido diseñado para proporcionar las recomendaciones de prueba eléctrica dadas por las normas hospitalarias.

La circuitería de medición es completamente de estado sólido, por partes analógicas y partes digitales para el manejo de señales. Especificaciones completas son dadas en la tabla 6.1

"Especificaciones de ASE"

Medición:

3½ dígitos, proporcionado con pantallas de cristal líquido (LCD) medición máxima 1.999

Escalas proporcionadas manualmente, por pulsadores indicadas al frente del equipo.

Rangos:

Corriente	0	0.2	mA
	0	2	mA
	0	20	mA
	0	200	mA
Resistencia	1	2	
	100μ	0.2	

Voltaje (receptáculo) 120 Vac (15 Amp)

Fuente de corriente constante (medición de resistencia)

Miliohms 22 mA

Ohms 220 mA

Selección de función

- Pulsadores que seleccionan la operación a ejecutar, medición de resistencia o medición de corriente.

- Pulsadores para la selección de escala de resistencia y corriente de fuga.

Receptáculo de prueba

Alimentado con 120 Vac, 15 Amperios. Led de neon para la indicación de conexión de receptáculos de pared.

Fuente de alimentación

60 Hz, 120 Vac/15 Amp. Interruptor de apagado y encendido.

Tabla 6.1

6.2. Operación

6.2.1. Introducción

El analizador de seguridad eléctrica (ASE), es un dispositivo que evalúa los peligros de daños eléctricos en los ambientes hospitalarios.

6.2.2. La primera parte que debe de analizarse en un ambiente hospitalario es la fuente de alimentación de un cuarto. Este estudio incluye cada receptáculo eléctrico localizado dentro del cuarto el cual es usado para proporcionar la alimentación normal 120/220 Vac para la mayoría de los equipos utilizados en el paciente.

6.2.3. Una segunda razón incluye todo tipo de equipos operados eléctricamente con electrodos conectados al paciente. Un ejemplo clásico es un "Electrocardiógrafo" conectado al paciente.

Nota:

Un paciente eléctricamente susceptible (del inglés ESP) es una persona que tiene conectado a él un camino conductivo, del exterior de la piel al interior del corazón, así como un catéter de paciente "intercardial".

Se ha mencionado en este documento y en otros más, que los valores permisibles de corriente que fluirán a través de ellos es de $20\mu\text{A}$, pudiendo causar este valor fibrilación ventricular, cuando pase a través del catéter hacia el corazón.

Este valor de corriente es $1/50$ del rango de sensibilidad que puede poseer una persona normal. Por esta razón "con delicadeza" deben de manejar todo equipo que se encuentre alrededor del paciente.

6.2.4. Prueba de los receptáculos de energía

Inicialmente se prueba la tensión en los receptáculos, luego se observan los neones que posean la combinación respectiva. Tabla 5.1, Capítulo V.

Si la combinación no es la propia, tomar las medidas adecuadas para corregir el error en el receptáculo de pared.

Nota:

Esta medición debe hacerse en localidades que no posean transformador de aislamiento, y además, deben asegurarse que la tierra o conector de polarización se encuentre presente en el receptáculo y que sea el apropiado.

6.2.5. Prueba de resistencia de línea

Las mediciones que se verificarán con el ASE, serán la resistencia del cable a tierra que posee cualquier equipo médico y la resistencia del sistema del hospital.

6.2.5.1. Para medir la resistencia del conductor de tierra entre dos conectores de pared se seguirá el procedimiento siguiente:

- Revisar el receptáculo antes de la medición de resistencia para asegurar que el toma esta bien polarizado.

Conecte una de las bananas (cable de medición) en el terminal de tierra del receptáculo.

- Luego, conecte a otra banana (cable de conexión) en el terminal de tierra del otro receptáculo que desea comprobar su resistencia.

Al hacer la conexión respectiva el ASE, proporcionará una corriente constante de 20mA y 200mA dependiendo de la escala la cual fluirá a través del conductor proporcionando la caída de tensión requerida para obtener el valor de resistencia a medir (ver fig. 6.1)

Nota:

Los rangos de medición serán hasta por 1.999 ohmios. El cable de conexión se recomienda que sea de longitudes pequeñas para no afectar la medición real.

6.2.5.2. Para medir la resistencia del cable de tierra de cualquier equipo se recomienda:

- Conecte el cable de medición en el ASE para poder proporcionar la corriente constante que fluirá a través del cable en prueba.
- Conecte el cable en el pin de tierra del conector macho del aparato en prueba.
- Posteriormente el otro cable de medición se conecta al chasis del equipo.
- Seleccione la escala a utilizar y obtendrá la resistencia que posee el cable (Ver figura 6.2).

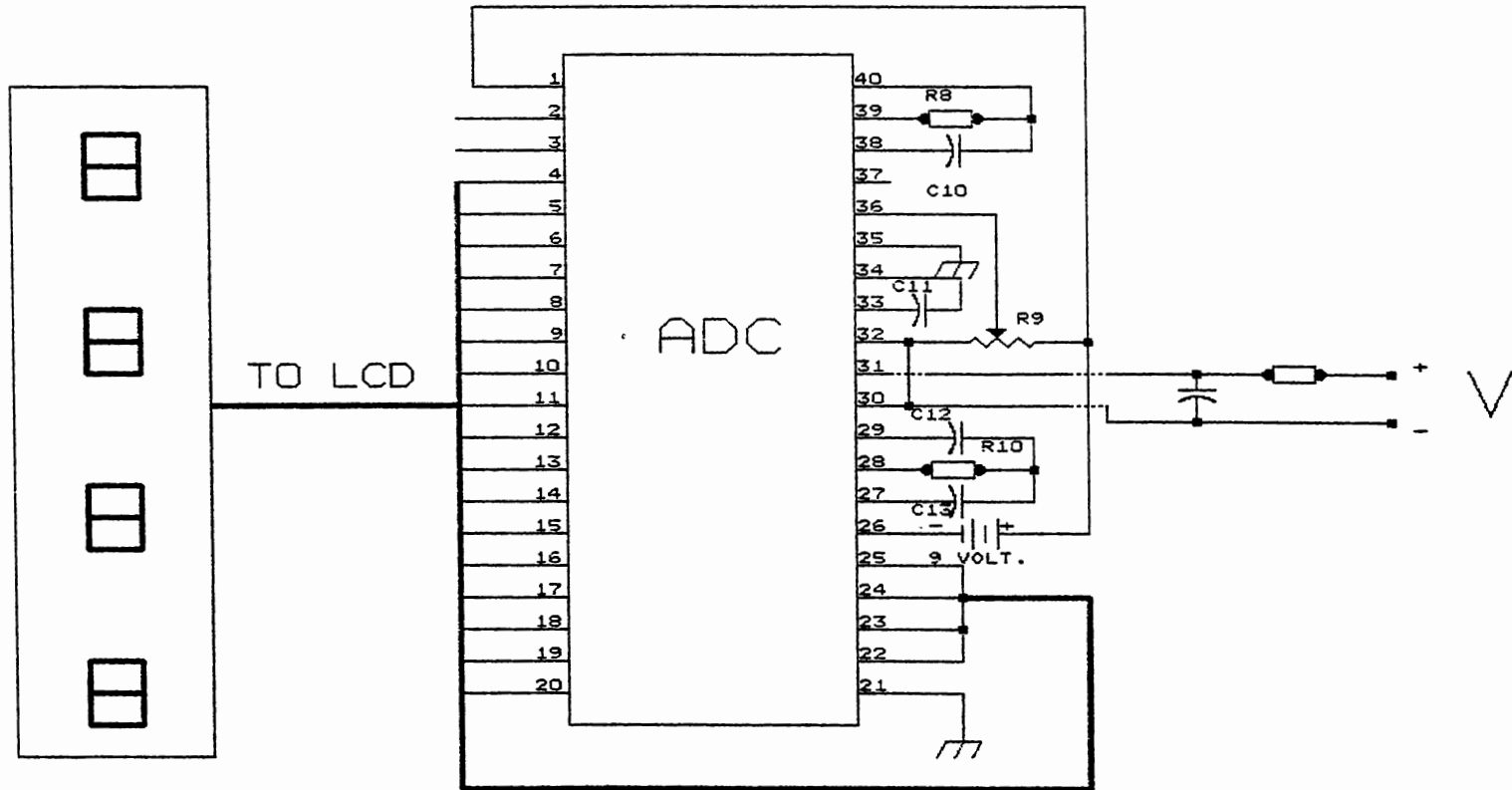
6.2.6. Lista de Elementos para el A.S.E.

T1	Transformador 120/12V 1.5 Amp
D1	Puente de diodos 120/17 V, 3 Amp.
R1	Regulador 12V, 1.5 A 7812
R2	Regulador 5V, 1.5 A 7805
R3	Regulador -12V, 1.5 A 7912
L1	Bobina de choque 16 Henrios
A1,A2,A3,A4	LM324
IC1	Flip flop JK, 74160
IC3	Contador 7490
IC4	Compuerta AND 7404
IC5	Inversor 7401
C1,C3,C5	Capacitor 100 μ F/25V
C2,C4,C6	Capacitor 15 μ f/25V
C7	Capacitor 10 μ f/25V
C8	Capacitor 10 μ f/25V
C9,C10	Capacitor 0.1 μ f/25V
C11,C12	Capacitor 49 μ f/25V
C13,C14	Capacitor 490 μ f/25V
R1	Resistencia 25 Ohmios, 5Wtt
R2	Resistencia 250 Ohmios, 0.5Wtt
R3,R5,R10,R11	
R12,R7	Resistencia 10Kohmios, 0.5Wtt
R4	Resistencia 25Kohmios, 0.5Wtt
R13,R14,R15	Resistencia 10Kohmios, 0.5Wtt

R8,R9 Resistencia 100Kohmios, 0.5Wtt
R6,R11 Resistencia 1Mohmios, 0.5Wtt
IC6 ADC 711, 3½ Digitos
Pantalla de Cristal Líquido

IMPRESOS ELECTRONICOS

ETAPA DE PRESENTACION



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

Title

ETAPA DE PRESENTACION

Size Document Number

A

figura 6.3

REV

Date: December 30, 1991 Sheet

4 of

4

LISTA DE REFERENCIAS

1. JOSEPH J. CARR, Introduction to Biomedical Equipment Technology. John Wiley & Son., 1981
2. JOHN G. WEBSTER. ALBERT COOK, Clinical Engeneering Prentice-Hall, 1979
3. AAMI. Essential Standars for Biomedical Equipment. Safety and Performance. Association for the Advancement of Medical Instrumentation. 1988
4. FIPRO. Riegos Eléctricos en Baja Tensión
FIPRO 1990
5. BIO-TEK, Electrical Safety Primer. BIO-TEK
Instrument Inc. 1990
6. BIO-TEK, Electrical Safety Program Guide. BIO-TEK
Instrument Inc. 1990
7. DAVID L. STONER, La Seguridad en Hospitales.
LIMIUSA 1987

8. ANSI/IEEE. Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities. American National Standards Institute, 1985
9. NFPA, Health Care Facilities Handbook. National Fire Protection Association. 1984
10. LESLIE CROMWELL, Instrumentación y Medidas Biomédicas. Prentice-Hall, 1980
11. NFPA, The National Code Handbook. Wilford I. Summer Editor. 1978
12. DIARIO OFICIAL. "Reglamento de Obra e Instalaciones Eléctricas". Diario Oficial 1988
13. AHA, Hospital Electrical Standards Compendium American Society for Hospital Engineering, 1989
14. NFPA, NFPA 99C. Gas And Vacuum Systems. National Fire Protection Association 1987
15. NFPA. NFPA 56A. Standard for the Use of Installation Anesthetics. National Fire Protection Association 1973

16. MORRIS MARIO. Diseño Digital. Prentice-Hall. 1987

17. ALBERT F. NALUINO. Principios de Electrónica.

Mc Graw Hill 1986

18. JACOB MILLMON. Electrónica Integrada.

Hispano Europea 1986