

GUIA PARA LA PLANIFICACION E INSTALACION DE EQUIPO MEDICO EN UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA Y QUIROFANOS

Autores: Hernández U. Patricio, Ing.; Corrales Luis, PhD.

Resumen

La Planificación e Instalación de Equipamiento Médico en las Áreas Críticas de los Establecimientos de Salud en el Ecuador es muy crítica pues no existen normas que las regulen. Hasta aquí lo que se acostumbra es tomar en forma arbitraria las recomendaciones dadas por varios países, tanto de Norte América como de Europa, las mismas que varían de acuerdo a su desarrollo tecnológico y políticas locales de tipo social y económico. Este trabajo analiza los criterios y recomendaciones de diseño que existen para las Unidades de Terapia Intensiva (U.T.I.) y Quirófanos (C.Q.C.), así como también identifica las normas existentes referentes a Seguridad Eléctrica que deben existir en estas Unidades, con el objetivo de producir una guía de instalación que pueda ser adoptada en nuestro medio, proponiendo diseños y recomendaciones adaptados a nuestra realidad, como fruto de la investigación y trabajo realizado durante varios años en estas áreas críticas por parte de su autor.

Palabras clave:

Diseño de U.T.I. y C.Q.C.; Bioingeniería; Ingeniería Biomédica; Normas Hospitalarias.

Abstract

Planning and Installation of Medical Equipment in Intensive Care Units and Surgery Rooms in Ecuador is critical for there is no norms to be followed. So far, it has been a practice to take at will the recommendations given from several countries, including North America and Europe, which tend to be adjusted according to their particular technical development and social and economic local policies. This work analyses the design criteria and recommendations available for Intensive Therapy Units and Surgery Rooms, as well as identifies the existing norms related to Electrical Security used within these units. The main the aim of this work is to produce an installation guide that can be adopted in our own

Correspondencia a: Ing. Patricio Hernández U.
Los Laureles N46-64 y Madroños
Tel.. (593) 2-431540 / 09563797
Fax: (593) 2-548216

media. This guide includes designs and recommendations adapted to our particular reality, as a result of the research and actual work done within these critical areas by the author for several years.

Introducción

La falta de normas que regulen toda la actividad relacionada con la instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipo hospitalario es muy preocupante, a tal punto que este problema a merecido la atención de foros internacionales, en los que los organismos de regulación regional y expertos internacionales, que se han dedicado al estudio de esta problemática, han planteado sus ponencias tendientes a establecer normas y recomendaciones que regulen esta actividad. Y es que la probabilidad de daño a un paciente por la aplicación de los equipos médicos, fuera de las normas de seguridad, es alta. Otro aspecto que debe considerarse ha sido muy bien resumido por Joseph DuBovy quien afirma: *"Un instrumento Biomédico está diseñado para cumplir con un mínimo de requerimientos de seguridad. Cuando el equipo envejece, los componentes de protección también lo hacen. Cuando existe una falla de seguridad, el equipo se convierte en peligroso para el paciente, médicos y personal auxiliar. Las pruebas periódicas y la inspección de los sistemas de tierra de protección es de vital importancia para la seguridad del paciente, tanto como las pruebas a los equipos médicos mismo".*^[8]

Esta dolorosa realidad es más alarmante todavía si no se las adopta en las áreas críticas de un hospital, como por ejemplo las áreas de U.T.I. y Quirófanos (C.Q.C.).

Fundamentos teóricos

En un Hospital Tipo existen muchas áreas funcionales, pero, este trabajo se centra alrededor de dos a las que conviene definirlas adecuadamente:

☛ Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.): es una unidad séptica en la que se mantiene la vida del paciente (frecuentemente adulto o de una edad mayor a un neonato) de forma asistida mientras dure su recuperación. El paciente ingresado en esta

área, por sí solo, no puede generar su ciclo vital de una forma normal, debe recibir ayuda para, por ejemplo, respirar con la ayuda de un *ventilador volumétrico*, su orina es extraída mediante sondas conectadas a *succiones del tipo gastrointestinal*, o *general* para drenar si ha salido de una cirugía, o succionar sus secreciones emitidas de forma inconsciente. Deben ser monitorizados continuamente todos sus parámetros tales como señal *ECG*, *respiración*, *temperatura*, *presión arterial invasiva (IBP - Invasive Blood Pressure)* o *no invasiva (NIBP - Non Invasive Blood Pressure)*, *Oximetría de pulso*, *Caphnografía*, *Gasto cardíaco*, se le aplicarán shocks eléctricos mediante un *desfibrilador* si el caso lo requiere, recibirá asistencia para compensar su presión arterial mediante fármacos o ayuda de un *Sistema de Balón Intraórtico (IABP - Intraortic Balloon Pump)*.

☛ **Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.):** El término Quirófanos es un término utilizado frecuentemente por su facilidad y rapidez de pronunciación, relacionándolo con su concepto antiguo; sin embargo, en la actualidad, se ha cambiado este término por uno más general que abarca el conjunto de necesidades multidisciplinarias que permiten el funcionamiento de lo que ahora se denomina: Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.).

El C.Q.C. es por tanto el conjunto de Quirófanos de las distintas especialidades que permiten básicamente realizar intervenciones para limpiar, corregir, extirpar o transferir órganos. Un quirófano es un área séptica a la cual se accederá únicamente con ropa estéril. Existen varios tipos de quirófanos de acuerdo a la especialidad para la que esté diseñado; sin embargo, su estructura general y equipamiento básico no difiere entre éstos. En un Quirófano, el paciente está solamente de tránsito mientras dure su cirugía, durante la cual estará conectado a varios equipos de monitoreo y/o asistencia de soporte de vida, mantención de narcosis, ayudas visuales quirúrgicas, etc. El C.Q.C. cuenta también con equipos adicionales (conjunto de varias necesidades multidisciplinarias) necesarios para su funcionamiento que permiten la optimización de sus funciones.

Los conceptos que se llegan a emitir aquí se relacionan a estas áreas, pero muchas de ellas bien pueden aplicarse para otras áreas críticas (que contribuyen, por su función misma, enviando sus pacientes a las dos supracitadas) y no críticas de un hospital.

Consideraciones de Seguridad Eléctrica en las Instalaciones de U.T.I. y C.Q.C.

La Seguridad Eléctrica en las Instalaciones Hospitalarias es una necesidad que debe ofrecer al paciente, médicos y personal circundante de las Áreas Médicas una confiabilidad en el uso y operación de los Equipos Médicos. Para conseguir este objetivo existen normas y recomendaciones que deben seguirse muy estrictamente, las mismas que se resumen a continuación (una referencia más amplia de éstas se puede encontrar en la tesis del mismo nombre y del mismo autor)

Parámetros de Seguridad Eléctrica

Bajo la mayoría de circunstancias, la piel seca sin rasguños o heridas limita el flujo de la corriente a través del cuerpo dentro de niveles de seguridad.

Se presenta en la Tabla 1 una escala de valores posibles de resistencia de contacto. Se debe notar que la resistencia que presenta la parte interna del cuerpo (es decir en condiciones de cirugía) es la más baja de la tabla.

Tabla 1. Valores de resistencia de contacto.

SUPERFICIES DE MANOS O PIES					
Resist (Ω)	Superf. Expu. (cm ²)	Zonas Secas	Superf. Expu. (cm ²)	Zonas húmedas	Diversas condiciones prácticas
20 M					Guantes de goma, tacones de goma, suelas
10 M					Madera seca
1 M					Hormigón por encima del suelo
500 K					(130 cm ²) Hormigón sobre el suelo
200 K		Tocando un objeto con el dedo			
100 K	1.3				Suela de piel seca
50 K		Coger cable con la mano			
20 K	6.5	Rodear un cable	1.3	Tocando un objeto con el dedo	
10 K	13	Con el dedo.		Rodear un cable con el dedo	Suela de piel húmeda.
5 K	20	Cogiendo alicates.	6.5		
2 K	33	Tocar con la palma	13		
1 K	97	Mano cogiendo tubería 1½"	33	Coger alicates con la palma de la mano	Hormigón mojado sobre el suelo (130 cm ²)
500	194	Dos manos en tubería de 1½"	97	Mano cogiendo tubería 1½"	Parte interna del cuerpo
200			190	Mano sumergida	
100			388	Pie sumergido	

Resumiendo, suele ser práctica común considerar que la resistencia del cuerpo humano, en zonas secas es de 1.500Ω y en zonas húmedas de 500Ω .

En la Tabla 2 se muestra un resumen de los efectos fisiológicos del paso de la corriente (en función de intensidad y duración del estímulo) en el organismo humano como respuesta a un choque eléctrico determinado.

Tabla 2. Relación entre los valores Intensidad-tiempo y consecuencias del choque eléctrico.

Intensidad eficaz a 50-60 Hz (mA).	Duración del choque eléctrico.	Efectos fisiológicos en el cuerpo humano.
0 - 1	Independiente	Umbral de percepción. no existe electrocución.
1 - 15	Independiente	Variable hasta tetanización. Imposibilidad de soltarse.
15 - 25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad de respiración. Aumento de presión arterial. Límite de tolerancia
25 - 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de presión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.
50 - 200	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Arritmia. Choque fuerte. Fuerte contracción muscular respiratoria.
	Más de un ciclo cardíaco 25 a 30 segundos	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco. Inconsciencia. Marcas visibles.
Más de 200	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de fibrilación solo en fase sensitiva. Inconsciencia. Marcas visibles.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemaduras

De todas las consecuencias posibles, las más graves son aquellas que son irreversibles. La irreversibilidad vendrá condicionada al *tiempo de aplicación* del paso de la corriente por el cuerpo, y puede resultar en asfixia, fibrilación ventricular y quemaduras. Científicos dirigidos por Dalziel, lograron determinar que el valor de la intensidad, para la cual se podría presentar fibrilación ventricular viene dada por la ecuación^[1]:

$$I = \frac{K}{T} [mA]$$

Siendo: K, una constante que depende directamente del peso del cuerpo,

T, el tiempo de paso de corriente expresado en segundos.

Llegándose a determinar estadísticamente que para valores superiores a:

$$I = \frac{116}{T} [mA]$$

podían producir fibrilación ventricular en el cuerpo humano.

La comprobación experimental de esta función corroboró la observación de diversos valores para hombres y mujeres (marcada por la diferencia de resistencia entre hombres y mujeres), para corrientes alternas y continuas y para frecuencias industriales, caseras, de ambientes médicos y altas frecuencias. La Tabla 3 resume los valores obtenidos por Dalziel y su equipo, para el caso de reacciones del organismo humano a ciertos estímulos eléctricos:

Tabla 3. Efectos cuantitativos de la corriente eléctrica en humanos.

Efectos	Intensidad en mA					
	Corriente continua		Corriente alterna			
			50 - 60 Hz		10.000 Hz	
	Hom	Muj	Hom	Muj	Hom	Muj
Ligera sensación en la mano	1	0.6	0.4	0.3	7	5
Umbral de percepción	5.2	3.5	1.1	0.7	12	18
Choque indoloro sin pérdida del control muscular	9	6	1.8	1.2	17	11
Choque doloroso sin pérdida del control muscular	62	41	9	6	55	37
Choque doloroso grave, contracción muscular y dificultad de respiración	76	51	16	10.5	75	50
Fibrilación ventricular eventual	90	60	23	15	94	63
Choques de 3 seg.	500	500	100	100	---	---
Choques de corta duración (t en segundos)	---	---	165/t	165/t	---	---
Fuertes sobretensiones	50*	50*	13.6*	13.6*	---	---

* energía en vatios-seg

Los valores se refieren a un *macroshock*; es decir, electricidad aplicada externamente.

Los valores obtenidos indican que:

Intensidad límite hombres = 16 mA

Intensidad límite mujeres = 10.5 mA

Por prevención se sitúan estos valores en:

Intensidad límite hombres = 9 mA

Intensidad límite mujeres = 6 mA

Los procedimientos médicos usualmente transgreden las seguridades naturales del paciente.

En un quirófano, por ejemplo, el paciente está recubierto normalmente de sangre y/o solución salina. En una U.T.I., la resistencia de la piel es deliberadamente bajada con gel para el uso de electrodos. El monitoreo cardíaco involucra la aplicación de electrodos en la zona más cercana al corazón, de tal forma que una corriente de falla de un equipo puede fluir a través del miocardio de una forma peligrosa. La cateterización cardíaca es normalmente ejecutada con catéteres no conductivos, pero durante el proceso pueden ser llenados con medios conductivos como reactivos angiográficos o guías metálicas.

No es real el hablar de valores de intensidad peligrosa sino se acompaña del término tiempo de paso. El conjunto ligado de valores Intensidad-tiempo es el que determina realmente la gravedad de las consecuencias. A continuación, se indican los efectos de la corriente eléctrica en el organismo humano sobre la base de la propuesta de la norma española U.N.E. 20.572. En la Figura 1 se muestra el paso de la **corriente eléctrica alterna** de 50 Hz a través de las extremidades del cuerpo humano en pacientes adultos, sanos, con capacidad de reacción normal a los estímulos exteriores y medidos con la corriente eléctrica aplicada en sus extremidades, con peso superior a 50 Kg.

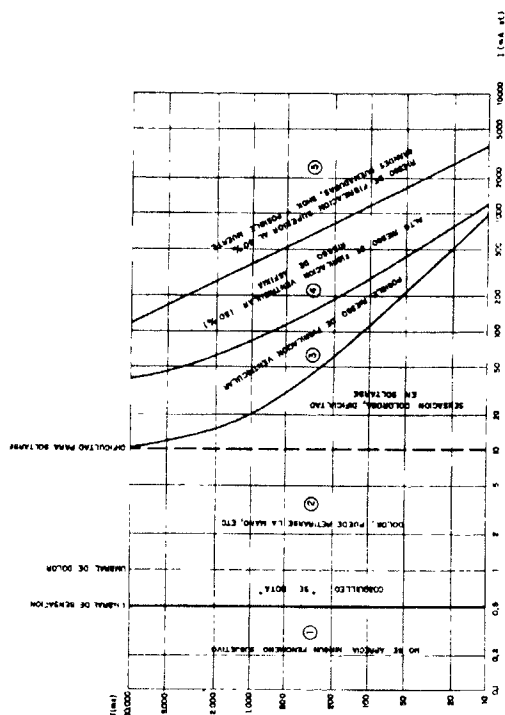


Figura 1. Efectos del paso de la corriente eléctrica alterna.

Se puede observar en la figura mencionada las siguientes zonas definidas:

ZONAS DE CORRIENTE Y TIEMPO COMO EFECTO DEL PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA EN EL ORGANISMO HUMANO.

- Zona No. ①: No aparece ninguna reacción. Esta zona es válida hasta los 0.5 mA (500 μ A), y no depende del tiempo de duración del estímulo.
- Zona No. ②: La corriente se hace sensible, produciendo cosquilleo e incluso dolor. El paciente puede soltar aún los electrodos. En la mayoría de casos no se espera ningún efecto fisiopatológico. En esta zona ya se tiene una dependencia del tiempo de aplicación del estímulo, a partir de los 10mA hasta los 900mA sin que se salga de la curva, lo que significa que para el margen superior no sea el tiempo de aplicación de esa corriente mayor a 10ms (milisegundos). Se debe observar que a partir de esta zona el paciente puede tener dificultades en soltar los electrodos.
- Zona No. ③: Los límites superiores de esta zona son de 1250mA (1.25 A) durante 10ms hasta aproximadamente 42mA (0.042 A) durante 10s (segundos). Habitualmente no se presenta ningún riesgo de fibrilación ventricular, pero es posible para algunos casos.
- Zona No. ④: Existe alto riesgo de fibrilación ventricular (50%) así como de asfixia. Los límites superiores están en 3000mA (3A) durante 10ms y 130mA (0.13A) durante 10s.
- Zona No. ⑤: El riesgo de fibrilación ventricular es superior al 50%, y se van agravando los efectos a medida que se va incrementando la intensidad de la corriente de forma lineal; pueden haber grandes quemaduras, shock y posible muerte.

Por otro lado, los efectos de la **corriente eléctrica continua** pueden producir a veces daños, incluso a muy bajos valores. La aplicación experimental de la corriente continua ha sido usada para producir trombosis arterial en animales, principio aplicado por Sawyer hace dos décadas. En un reporte más actual se reportaron quemaduras cutáneas en un paciente expuesto a una fuente de 14V de corriente continua durante un procedimiento quirúrgico. Se atribuyó este hecho al efecto electrolítico. Similares daños han sido reportados aún a 3V. De otra parte, el umbral de fibrilación para corriente continua es aparentemente algo mayor que para corriente alterna. Se afirma que en igualdad de tensión e intensidad las corrientes continuas son menos peligrosas en una proporción de 5 veces menos que las alternas.

En cuanto a la **corriente eléctrica alterna de alta frecuencia** que antiguamente se afirmaba que era inocua, ha sido reportada que es capaz de provocar lesiones hemorrágicas en la válvula mitral. A muy alta densidad, es también conocido que induce fibrilación ventricular.

Aunque el riesgo de interrupción de la energía eléctrica de los equipos de soporte de vida no es un shock peligroso, es una consideración vital de diseño. Si existe un retardo de más de 10s hasta que entre en funcionamiento el generador, la falla de un respirador, monitor, desfibrilador u otro equipo de soporte de vida puede ser fatal.

Siempre se debe tener en mente que el ambiente hospitalario no es para personas sanas como las

descritas en los parámetros de la Figura 1, y que esta situación cambia notablemente tanto en individuos en condiciones de inferioridad física o con capacidad de reacción disminuida (anestesiados, atados, sometidos a fármacos narcotizantes, etc.) o con electrodos (o dispositivos que pueden considerarse como tal) introducidos en su organismo y en especial los catéteres cardíacos. Así, investigadores han determinado que *corrientes del orden de 10mA aplicadas directamente al corazón durante 30ms o precediendo al máximo de la onda T del ECG (durante la repolarización del corazón), pueden producir fibrilación ventricular.*

Se concluye por tanto que es importante conocer los niveles, potenciales condiciones peligrosas y medidas preventivas como un requisito para evitar la incidencia de corrientes eléctricas nocivas no deseadas que por su intensidad y duración pueda suponer un riesgo para los pacientes, médicos y personal auxiliar que interviene en esta función.

Las **medidas preventivas que se pueden adoptar** para obtener este objetivo, son englobadas en tres grupos:

✱ Medidas referentes a Equipos Electromédicos.

Los equipos deberán ser diseñados de manera tal que el riesgo de shock eléctrico en uso normal o en condiciones anormales de primera falla sea lo menos probable posible. Para conseguir esto, se deberá considerar:

- ✱ Prevenir los contactos entre el cuerpo del paciente, médicos o personal auxiliar, con partes que sean o puedan ser activas eléctricas.
- ✱ Restricción de los voltajes o corrientes que puedan circular entre partes accesibles y tierra.

No hay que olvidar que con respecto al grado de protección y de acuerdo a su campo de aplicación en los pacientes, los equipos electromédicos, para sus requerimientos mínimos de diseño y construcción, se clasifican:

- ✱ Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I, II, III y equipos alimentados por una fuente de energía interna (batería).
- ✱ Grado de protección contra descargas eléctricas, puede ser: Grado B (Body), Grado BF (Body Floating) y Grado CF (Cardiac Floating).

La Tabla 4 resume los valores admitidos en los grados mencionados.

Tabla 4. Valores admisibles de corrientes de fuga (en mA) de equipos en pacientes.

Trayecto de la corriente	Grado B		Grado BF		Grado CF	
	CN	1a F	CN	1a F	CN	1a F
Corriente de fuga a tierra a través de una Resistencia de 1000 Ohmios	0.5	-	0.5	-	0.5	-
Corriente de fuga de la protección	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
Corriente sin fuga a través del paciente	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
Voltaje principal en partes del equipo que sin ser de aplicación están destinadas a recibir voltajes o corrientes de las señales	-	5	-	-	-	-
Igual que la condición anterior siendo dispositivo de aplicación	-	-	-	5	-	0.05
Corriente auxiliar sobre el paciente	0.01	-	0.01	-	-	-

Donde . CN: Condición Normal
1era. F: Condición de primera falla

Una manera óptima de medir estas corrientes de fuga producidas por los equipos electromédicos, ya sea en su instalación, o cuando se realicen los programas de mantenimiento preventivo o luego de un mantenimiento correctivo (reparación) es mediante el uso de un medidor de corrientes de fuga (Leakage current tester). Un ejemplo del mismo se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Medidor de corrientes de fuga.

Este instrumento digital debe ser capaz de probar la continuidad del cable de tierra y medir las fugas de ambas líneas de alimentación a tierra, bajo condiciones de plena carga, con un porcentaje del 5% de exactitud. Debe proporcionar medidas directas y estar equipado con rango automático de escalas de 0 a 10 μ A, de 0 a 0.1mA y 0 a 1mA; para mediciones en sistemas aislados o solamente aterrizados. Se debe tener muy en claro esta diferencia al momento de las mediciones, pues se estaría dañando al equipo en caso de confusión al conectar los dos sistemas de alimentación eléctrica.

Tabla 5. Valores típicos de corrientes de fuga de equipos electromédicos.

EQUIPO ELECTROMEDICO	Rango de corrientes de fuga [mA]
Lámpara ciéltica (un 1 brazo)	75 – 175
Lámpara ciéltica (dos brazos)	300 – 400
Lámpara auxiliar portátil	10 – 100
Negatoscopio simple	50 – 150
Electrobisturí	100 – 300
Bomba de succión	50 – 125
Monitor de signos vitales (1 canal)	30 – 200
Monitor de signos vitales (8 canales)	275 – 350
Bomba de circulación extracorpórea	350 – 450
Monitor/desfibrilador	50 – 125
Equipo de Rayos X móvil (descarga por condensador)	30 - 50
Equipo de Rayos X móvil (208 VAC – 300 mA)	300 – 600
Respirador electrónico presión positiva	100 – 150
Unidad de hipo-hiper termia	125 – 175
Electrocardiógrafo de 1 canal	80 - 200

Los valores de la Tabla 5 son para conexión de los equipos a sistemas aislados, medidos en equipos médicos nuevos (valores inferiores del rango) y con cables de alimentación razonablemente cortos (los que vienen en los equipos, es decir 3 m).

✱ Medidas referentes a la instalación eléctrica en baja tensión que deben existir en los ambientes donde se conectarán estos Equipos Electromédicos.

Se denomina instalación eléctrica en baja tensión en ambientes de uso médico, a toda combinación de equipo eléctrico interconectado en este ambiente previsto para suministrar esa energía o para funcionar con ella. Una parte de esta instalación puede estar en las cercanías del paciente, originando diferencias de potencial que puedan inducir corrientes excesivas a través del paciente y que deben ser evitadas. Para solucionar este problema se puede plantear la alternativa de que la conexión a tierra del equipo esté conectada al de la instalación, pero existe una desventaja, y es que en caso de un defecto en el aislamiento de los circuitos que están conectados directamente a las redes de suministro, la corriente de falla que se produce puede causar una caída considerable de voltaje en el conductor de protección a tierra de estos circuitos. Recordar que en el diseño de equipos médicos se contempla la longitud y calibre del cable de protección de tierra para asegurar un camino óptimo de las corrientes de falla, y no se puede disminuir esta diferencia de voltaje aumentando la sección de los conductores de protección. Se pueden tener alternativas para

solucionar este inconveniente: bien reduciendo la duración de la corriente de falla a tierra por medio de dispositivos especiales o el uso de un sistema de suministro de energía que esté aislado de tierra.

Existen recomendaciones que están siendo articuladas por la Comisión Electrotécnica Internacional en una serie de normas (Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional, en Comisión Técnica 62 (Subcomité 62A).), algunas recogidas por la legislación Europea y que en su parte esencial se resumen a continuación, mencionando la parte más importante aplicable:

❶ Norma P-0. Uso no médico.

Esta norma tiene que ver con el conjunto de medidas aplicables a los recintos de uso no médico, por lo tanto son las que están especificadas en el reglamento de baja tensión.

❷ Norma P-1. Red de tierras para protección.

El uso de esta norma se sugiere en todos los ambientes de un Hospital, formado por ambientes de uso médico, descritos en la Tabla 6. Sus exigencias corresponden a la normativa correspondiente al reglamento de baja tensión, con la adición de un sistema de tierras para protección.

Tabla 6. Medidas de protección para diferentes ambientes de uso médico.

Medidas de protección

AMBIENTES DE USO MEDICO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1 Proceso de datos	M	O					O
2 Salas de masaje	M	O					O
3 Laboratorios	M	O					O
4 Locales de lavado	M	X					O
5 Enfermería	M	O					O
6 ECG, EEG, ENG	M	X		X			O
7 Endoscopia	M	X		X	O		O
8 Examen y tratamiento	M	O		X	O		O
9 Sala de labor	M	X		X	O		O
10 Esterilización	M	O		X			O
11 Urología (no quirófano)	M	X		X			O
12 Radioterapia y radiología (como en 21 y en 24)	M	X		X			O
13 Hidroterapia	M	X		X		O	O
14 Fisioterapia	M	X		X	O		O
15 Anestesia	M	X	O	X ₁	X		O
16 Quirófanos	M	X	O	X ₁	X		O
17 Preparación de enfermos	M	X	O	X ₁	X		O
18 Quirófanos para yesos	M	X		X ₁	X		O
19 Quirófanos para curación	M	X	O	X ₁	X		O
20 Quirófanos de emergencia	M	X		X ₁	X		O
21 Cateterización cardíaca	M	X	X	X ₁	X		O
22 Terapia Intensiva	M	X	O	X ₁	X		O
23 Reconocimientos	M	X	O	X ₁	X		O
24 Examen Angiográfico	M	X	O	X ₁	X		O

- Donde : M = medidas obligadas
 X = medidas aconsejadas
 O = medidas adicionales, cuya adopción puede ser aconsejable
 X₁ = únicamente para equipos descritos en 7 y 8

Esta tierra de protección debe tener las siguientes características: en un lugar del edificio, generalmente en su planta inferior, se dispondrá de una barra colectora de tierras (malla) conectada con la toma general de tierra del edificio, la misma que agrupará todos los conductores secundarios de dicha red; las partes metálicas de agua, gas, desagües, redes de vapor, y demás instalaciones; la estructura metálica del edificio y red metálica de la cimentación; el neutro del secundario de la cámara de transformación cuando no sea aislado. La impedancia del conductor que une esta barra colectora y el punto protegido por tierra no deberá exceder de 0.2 Ω (ohmios), siempre que la corriente protegida por los dispositivos protectores para sobrecorrientes no sea superior a 16 A. Si excede esta cantidad, se deberá multiplicar por un coeficiente^[1]:

$$R = \frac{4}{I_{lim}}$$

Donde I_{lim}: Sobrecorriente limitada. Pero en **ningún caso la impedancia del conductor deberá ser mayor a 0.2Ω**. De esta forma se trata de limitar los voltajes de contacto a 24V como máximo, entre distintos puntos conductores de la instalación, que es el fundamental objeto de esta norma.

El cálculo de la malla de tierra de una instalación de una U.T.I., de un C.Q.C. o de cualquier área de un Hospital, deberá tomar en cuenta:

1. Impedancia total del conductor ≤ 0.2Ω.
2. Considerar las distancias exactas hasta al área a calcular el sistema de tierras de protección.
3. Si el calibre del conductor calculado cumple con esta condición, analizar si éste es físicamente implementable. Si se está en el caso en que se ha calculado un calibre de conductor muy grueso que será muy costoso o impracticable su instalación, replantear el recorrido físico para acortar distancias o, en su defecto, realizar una malla de tierras más cerca.

Normalmente un sistema de tierras para protección de una U.T.I., un C.Q.C. o un área similar, que no tenga excesiva carga, se la puede realizar con conductores #12 AWG, #10 AWG o #8 AWG. Este concepto es muy importante debido a su aplicación en los equipos médicos ya que, el conductor verde de tierra que viene con los equipos médicos (o

verde con amarillo en otros), previenen de los potenciales estáticos que pueden provenir de las cajas metálicas de los mismos equipos. Si estas partes no están adecuadamente aterrizadas, la carga estática podría acumularse de tal forma y cantidad que su descarga podría producir hasta una chispa, siendo perjudicial al paciente y hasta al personal auxiliar que lo atiende. Este conductor de tierra también provee un camino para las corrientes de fuga, ocasionadas por los efectos capacitivos o inductivos de los componentes propios de un equipo médico.



Figura 3. Camino de las corrientes de fuga en condición de fallo en una cama eléctrica.

La norma NFPA 56A prohíbe el uso de adaptadores y cables de extensión a pesar de su uso muy frecuente en los hospitales en la actualidad. El uso de un cable de extensión en un área de pacientes (U.T.I. o C.Q.C.), frecuentemente es el responsable de peligros eléctricos. Aunque éste proporciona flexibilidad y movilidad a mayores distancias en la conexión de varios equipos electromédicos, su abuso en la mayoría de casos es imprudente, ya que produce interferencias en el tráfico normal de un quirófano o U.T.I., los equipos pasan por sobre éste arrollándolo, o están situados en los pisos mojados. Si un quirófano o un cubículo de un paciente requiere más tomacorrientes, debido a que su capacidad actual no es suficiente, es mejor proveer un panel de distribución de energía adicional. Pero para ello, se deberá recalculer la carga a la que estará sometido el transformador de aislamiento.

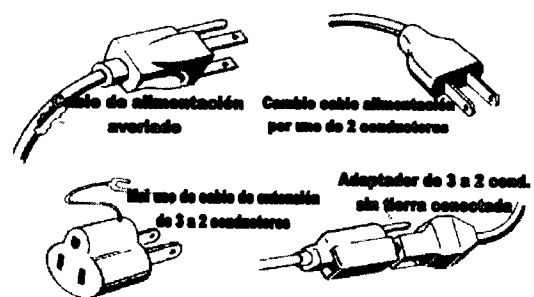


Figura 4. Fallas comunes en cables de tierra.

Los códigos y estándares de corrientes para áreas de anestesia indican que no debe existir más de 40mV (220 mA de corriente de falla máxima) entre las superficies conductoras que podrían entrar en contacto con el paciente o dentro de su alcance. Para U.T.I., este requerimiento es de 100 mV (550 mA de corriente de falla máxima). Estas magnitudes pueden minimizarse, mediante el uso de los sistemas aislados, en donde se pueden tener fallas de fase a tierra de máximo 5 mA si el sistema está trabajando en la condición de seguridad. Esto se analizará en la norma P-5.

③ Norma P-2. Red suplementaria equipotencial.

Para cumplir con la instrucción MIBT 021, apartado 2.6. y minimizar los efectos de los voltajes de contacto, en esta norma se contempla unir con una red de conductores equipotenciales todas las partes conductoras ajenas a la instalación, que serán todas aquellas cuya superficie sea mayor de 200 cm² y donde tuberías, mesas metálicas, incluso pertenecientes a la obra civil, mobiliario metálico, piso semiconductor; salvo los elementos alojados dentro de los muros que no tengan contacto con la superficie exterior del ambiente, o que estén a distancia mayor de 2.5m del paciente o fuera del alcance del personal que lo asiste. Se debe disponer de una barra colectora equipotencial (de sección no menor a 16 mm² de cobre o equivalente), debiendo su impedancia no ser mayor a 0.1Ω. Esta norma se aplicará en áreas como C.Q.C., U.T.I., Cateterismos Cardíacos, ambientes destinados al registro de potenciales bioeléctricos (ECG o EMG) o a la aplicación de potenciales bioeléctricos, etc.

④ Norma P-3. Limitación de voltaje de contacto.

Esta norma añade, como complemento con la anterior, limitar los voltajes entre la barra colectora equipotencial y las partes conductoras accesibles, a 10 mV. Esta condición puede cumplirse aumentando la sección de los conductores de equipotencialidad o protegiendo adecuadamente a un posible contacto las partes expuestas que de otro modo deberán ser protegidas. El empleo de esta norma se dedica específicamente a los locales destinados a Cateterización Cardíaca, pudiendo hacerse extensiva a C.Q.C., U.T.I. y similares.

⑤ Norma P-4. Dispositivos protectores contra corrientes residuales.

Para cumplir con la instrucción MIBT 021 apartado 2.8. con el objeto de limitar las corrientes residuales, se incluye en esta norma el empleo de dispositivos diferenciales capaces de producir una interrupción del circuito protegido cuando la corriente residual alcanza su límite predeterminado

y que se fija en los valores mostrados en la Tabla 7, todos ellos iguales o inferiores a 30 mA.

Tabla 7. Valores de corrientes de los dispositivos diferenciales.

Capacidad normal de la Corriente protegida I _p [mA]	Máximo tiempo total para la actuación del dispositivo.		
	I _p	2 I _p	0.25 A
5	5s	1s	0.04s
10	5s	0.5s	0.04s
30	0.5s	0.5s	0.04s

Este medio de protección debe ser usado conjuntamente con las normas P-1 y P-2 necesariamente, debiendo utilizarse un dispositivo para cada ambiente o grupo de ambientes. No podrá emplearse en todas aquellas dependencias donde una interrupción de corriente puede ser peligrosa para la vida del paciente; es decir, en C.Q.C., U.T.I. y en conjunto donde se realicen manipulación o se dispongan de equipos de soporte de vida, cuya interrupción puede causar peligros o trastornos en los pacientes.

⑥ Norma P-5. Alimentación eléctrica aislada.

En los ambientes de uso médico donde los pacientes se encuentran en condiciones de intensa inferioridad física ante la posible agresión de corrientes eléctricas, se debe reducir al mínimo el riesgo producido por las descargas eléctricas no deseadas y es imprescindible asegurar el suministro continuo de energía eléctrica, necesario para alimentar a los equipos de soporte de vida o para continuar con la cirugía que se esté realizando.

Todo lo anterior ha obligado a buscar un dispositivo que cumpla con la continuidad del suministro eléctrico y la reducción del riesgo de descargas eléctricas. En tal sentido, esta norma sugiere el uso de un sistema de alimentación aislado (flotante), sin ninguna conexión física con tierra y sin ningún dispositivo de corte (tipo interruptor diferencial) que puede abrir el circuito como resultado de una corriente de falla a tierra. Este dispositivo se complementa con un sistema de vigilancia de posible falla a tierra, que avise con anticipación el primer fallo en el aislamiento. Debe estar protegido para cortocircuitos y protección de sobrecorrientes, perfectamente coordinados para obtener un disparo secuencial de los mismos, evitando que la falta de uno de sus circuitos, provoque el dejar fuera de servicio la totalidad del sistema alimentado por el transformador. Se limita el voltaje del transformador (tanto del primario como del secundario) a 250 V y en potencia hasta máximo 10 KVA con lo que se podrá abastecer de

energía eléctrica a todos los equipos necesarios del ambiente médico. Si se requiere energizar equipos cuya potencia exceda los 10 KVA (como un equipo de Rayos X móvil), pueden ser alimentados directamente desde la red principal, debidamente protegidos con circuitos diferenciales de al menos 30 mA.

Igual tratamiento puede darse al alumbrado general, siempre que su altura de colocación sea superior a 2.50m y sus dispositivos de accionamiento sean aislados. Para dimensionar el transformador de aislamiento se debe considerar el consumo de cada uno de los equipos electromédicos que irán conectados a éste en el área a la que va a servir de protección.

En la Tabla 8, se indican los consumos típicos de corriente de varios equipos electromédicos de uso común en las áreas de U.T.I. y C.Q.C.

Tabla 8. Consumos típicos de corriente de varios equipos electromédicos en Amperios.

EQUIPO ELECTROMEDICO	Carga aproximada
Unidad de hipo-hiper termia	15
Equipo de hemodiálisis (Riñón artificial)	11
Carro monitor/desfibrilador	5
Respirador electrónico de presión positiva	3
Bombas de succión continua	3
Cama eléctrica	2.5
Bombas de succión termótica	0.6
Monitor de signos vitales (1 canal)	0.25
Monitor de signos vitales (8 canales)	0.85
Bomba de infusión	0.25
Máquina de anestesia	2
Mesa de cirugía universal (eléctrica)	11
Lámpara cielítica de 2 brazos	20
Lámpara cielítica de 1 brazo	12
Lámpara auxiliar	8
Electrobisturí	5
Equipo de Rayos X móvil	10 KVA*
Equipo de Rayos X Arco en C	10KVA
Procesadora automática películas radiográficas	25

* Consumo en KVA en muy cortos tiempos de hasta 1 segundo. Se utilizará un transformador independiente al de aislamiento del área

Los conductores del circuito del secundario no deben ser aterrizados y tendrán un dispositivo aprobado de protección de sobrecorriente en ambos conductores de cada circuito alimentado, que frecuentemente es de 20 A, 2 polos. Estos conductores deberán estar codificados con colores (de acuerdo a Norma NFPA 56 A párrafo 3-3.7.2.) de acuerdo al siguiente detalle:

- Conductor #1: Naranja (Orange)
- Conductor #2: Café (Brown)
- Conductor de tierra: Verde (Green).

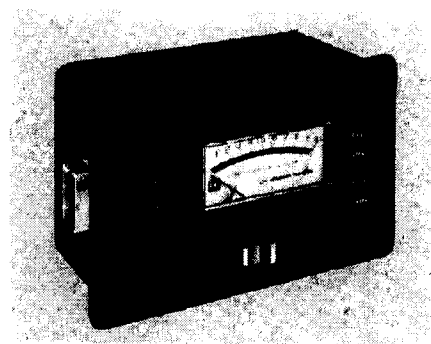


Figura 5. Monitor de aislamiento de línea LIM.

El límite de corriente total peligrosa del sistema que permitirá el monitor de aislamiento (Line Isolation Monitor) LIM en el circuito secundario es de 5mA (según norma NFPA 56 A párrafo 3-3.4.) como el mostrado en la Figura 5.

La ubicación del tablero de aislamiento que contendrá el transformador de aislamiento, dispositivo de vigilancia (LIM) con alarmas óptica y acústica, protecciones, interruptores, etc. deberá ser lo más próximo al ambiente protegido, pero a no menos de 3m del lugar donde se emplearán los equipos de monitoreo, sustentación de vida, vigilancia, etc. procedentes del paciente, salvo que el transformador esté protegido por un blindaje unido a tierra que asegure la ausencia de interferencias, o también la carcasa del panel unida a tierra. Esta distancia no podrá ser muy grande tampoco, debido a que el incremento en la distancia entre los conductores de alimentación, genera un incremento en las corrientes de fuga que estaría manejando el transformador de aislamiento y por ende el LIM. Un tablero de distribución como el descrito anteriormente se muestra en la Figura 6 que se encuentra a continuación.

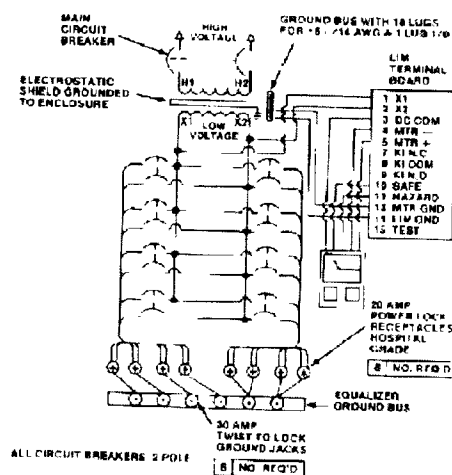


Figura 6. Esquema de protección para un sistema aislado.

Cortesía de SQUARE D COMPANY

Piso Conductivo con malla de cobre

Las superficies equipotenciales aseguran un espacio confiable y libre de riesgos para el paciente y personal médico que lo atiende. Todos los equipos electromédicos y accesorios metálicos utilizados en la cercanía de un paciente están a un mismo potencial y utilizan garruchas de vinyl conductivo, colchonetas de vinyl conductivo, etc., asegurando así un paso para las corrientes de fuga, pero el piso no lo es según las exigencias indicadas hasta este momento. Para cubrir este último requisito, la resistencia eléctrica del piso conductivo de un área especial donde estará un paciente sometido a una intervención quirúrgica o a un proceso de sustentación de vida deberá ser (según normas NFPA 99 y ASTM F-150):

- * Medido entre los electrodos del equipo de prueba: de 25 K Ω a 1 M Ω .
- * Medido entre el piso a tierra: mayor a 25 K Ω .

El vinyl conductivo deberá proveer una velocidad de eliminación de las cargas estáticas de 5,000 V en menos de 0.03 segundos. La norma ASTM F-150 calificada como "*Standard Test Method for Electrical Resistance of Conductive Resilient Flooring*" y la norma NFPA 99 calificada como "*Standard for Health Care Facilities*" utiliza como instrumento de medida de la resistencia eléctrica del piso conductivo un ohmetro standard para medir la resistencia de la superficie entre dos electrodos de 5 libras de peso cada uno y separados entre sí por 91.44 cm (3 pies), o la resistencia del piso a tierra entre un electrodo simple y la conexión a tierra, como el mostrado en la Figura 7.

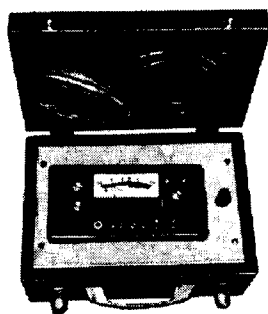


Figura 7. Medidor de aislamiento de pisos conductivos.

El vinyl conductivo antiguo iba colocado sobre una malla de cobre la misma que estaba distribuida uniformemente para asegurar una completa conducción entre las piezas del vinyl. En la actualidad los investigadores han desarrollado una

resina epóxica adhesiva conductiva que permite la eliminación de la malla de cobre, abaratándose así la implementación del piso de vinyl conductivo. La unión del vinyl conductivo hacia los conductores del sistema de tierras del Hospital se realizará mediante bandas de cobre suministradas por el mismo fabricante (VPI del vinyl como de la resina epóxica adhesiva conductiva).

En la actualidad es usual ordenar todos estos elementos (transformadores de aislamiento, monitores LIM, alarmas remotas y locales, monitores de aislamiento, etc.) en paneles integrados llamados de protección o de aislamiento que garanticen la seguridad eléctrica de la instalación de las áreas críticas de alto riesgo de los Hospitales, tales como U.T.I., Quirófanos del C.Q.C., Salas de Parto, etc.

La seguridad y la confiabilidad eléctrica no deberían resolverse en términos simples mediante la sola instalación de los tableros de aislamiento; no cabe duda que ellos constituyen un elemento importante dentro de las medidas de seguridad, pero se debe considerar también las características del resto de la instalación. Una solución incompleta o incorrecta no sería en este caso una verdadera solución. Es tan alto el riesgo del uso de electrodos en intervenciones quirúrgicas en un paciente que, siempre que se los realice, se debe tener al alcance y a disposición todo el equipo de reanimación. Los instrumentos indicadores de las fallas descritas son fáciles de operar y deben ser utilizados por el personal médico y auxiliar cada vez que esta situación se dé.

⑦ Norma P-6. Separación eléctrica de un circuito individual.

Siguiendo lo establecido por la instrucción MIBT 021 apartado 2.1. Esta norma se refiere a la separación eléctrica de un solo circuito, es decir que solamente un equipo se conectará a un transformador de aislamiento. Generalmente esta disposición se aplica en algunos equipos especiales, como los de hidroterapia, o en equipos cuyas exigencias en cuanto a corrientes de fuga puedan superar las limitaciones medidas del conjunto de equipos electromédicos que componen la dotación del ambiente hospitalario.

⑧ Norma P-7. Bajos voltajes de seguridad.

Siguiendo lo establecido por la instrucción MIBT 021 apartado 2.2. Esta norma se refiere a la adopción de bajos voltajes de seguridad, no pudiendo exceder éstos de 24V en corriente alterna o 50 V en corriente continua. Las fuentes de

energía utilizadas serán: un transformador de aislamiento u otra fuente que deberá tener por lo menos la misma separación y aislamiento a tierra que los exigidos para dicho transformador. Las partes vivas no se conectarán a partes vivas o conductores de protección que forman parte de otros circuitos, esto incluye a tierras. Los enchufes y tomacorrientes, deberán cumplir con lo siguiente:

- * Los enchufes no podrán entrar físicamente en tomacorrientes de otros sistemas de voltajes distintos.
- * Los tomacorrientes no podrán admitir, a su vez, enchufes de sistemas a voltajes diferentes y no tendrán contactos para conductores de protección.

⑨ Normas G.E. – E.1. – E.2. – O.

Describen las condiciones generales que deben reunir las fuentes de energía de emergencia dando un desarrollo complementario a lo indicado en la instrucción MIBT 025 epígrafes 1 y 2.

⑩ Norma A.

Describe las condiciones necesarias que deben tener determinados recintos que pueden acumular carga electrostática, en orden a la prevención del riesgo de incendio o explosión.

* Medidas referentes al uso adecuado de los Equipos Electromédicos.

Aún en el supuesto de que sean cumplidas escrupulosamente las normas destinadas a minimizar los efectos no deseados de las corrientes eléctricas en los equipos electromédicos y en la instalación eléctrica de baja tensión en los ambientes de uso médico, queda abierta la posibilidad de fallas que ocasionen daños al paciente como consecuencia de una inadecuada utilización de los equipos médicos. Es evidente que se hace casi imposible establecer una normativa que se deberá seguir para su utilización por la variedad de criterios existentes; sin embargo, se pueden indicar los problemas que podrían suceder para minimizar los riesgos. Generalmente los distintos equipos destinados a utilización electromédica son entregados con la suficiente información tanto gráfica como de literatura relativa a su uso y mantenimiento que, si son seguidas fielmente, proporcionan un margen de seguridad conveniente. Sin embargo, dos equipos electromédicos, que por separado y bien utilizados ofrecen una suficiente garantía para el paciente y médico, pueden resultar peligrosos cuando actúan simultáneamente sobre un mismo paciente. Así, por ejemplo se tiene, las quemaduras que aparecen en la piel del paciente bajo los electrodos de un equipo de ECG, como

resultado del uso conjunto con un equipo de alta frecuencia como es el electrobisturí.

De todo lo explicado, para las medidas concernientes a la aplicación de los equipos electromédicos se puede concluir que, un adecuado análisis de situación evitaría los riesgos indeseables, que en nuestro medio, sin el concurso de un Ingeniero Biomédico, serían imposibles de evitar, ya que, como es de conocimiento general, el personal médico que va a usar un equipo nuevo pone más atención únicamente a cómo operarlo antes de pensar en cómo usarlo adecuadamente siguiendo las especificaciones y acatando las prohibiciones del fabricante.

Definición de una Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.).

Luego de haber realizado el análisis de las condiciones orgánicas humanas y sus parámetros de Seguridad Eléctrica, se debe definir una Unidad de Terapia Intensiva para establecer los requisitos que debe cumplir su planificación.

“La Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) es un servicio para concentración de enfermos en estado crítico, potencialmente reversibles, que cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional y vigilancia continua de variables vitales. Está organizado de modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la propia unidad o con los que se proporcionan en el resto del Hospital”[7].

Las Unidades de Terapia Intensiva son servicios cuyo fin es disminuir la morbimortalidad del paciente en estado crítico. Estas unidades están integradas por personal médico y paramédico especializado en medicina crítica, y en ellas se utilizan todos los recursos científicos disponibles.

Planificación de una Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) Tipo.

Una vez definida, la Unidad de Terapia Intensiva desde un punto de vista funcional, es necesario establecer los requerimientos para su conformación. Estos requerimientos serán de tipo físico, necesidades de equipos médicos, instalaciones centralizadas asociadas, así como también de la infraestructura soporte que deberá disponer y han sido recopilados de las recomendaciones internacionales existentes (compilados de las

referencias bibliográficas # 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.), de las recomendaciones de personal médico íntimamente ligado a estas áreas críticas, y del fruto de la experiencia adquirida a través de los años de trabajo realizado en estas áreas críticas por parte del autor de este trabajo, lo que ha posibilitado crear la siguiente propuesta de diseño para la Unidad de Terapia Intensiva Tipo, nominada así ya que ésta cumplirá con todos los requerimientos supracitados.

Sin embargo, es necesario indicar que luego de realizar un análisis profundo, tomando en consideración nuestra realidad social y económica, esta U.T.I. Tipo puede ser convertida en una U.T.I. Básica la misma que sacrificará algunos de estos requerimientos permitiendo abaratar su costo, sin que ello signifique disminuir su seguridad y pueda mantener aún su concepción de Unidad de Terapia Intensiva. Es decir, se puede llegar a un mínimo confiable. Si el lector está interesado en consultar esta conversión, puede encontrar su análisis completo en la Tesis del mismo nombre y del mismo autor que por su extensión no ha podido ser incluida en el presente trabajo.

Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Tipo.

El diseño de la U.T.I. Tipo debe considerar cuatro condiciones: accesibilidad, observabilidad, comodidad y privacidad para los pacientes. Deberá reunir todas las exigencias tecnológicas que deben existir para cumplir con las normas que se han establecido en la sección de Seguridad Eléctrica.

Recursos físicos.

Planta física: deberá estar ubicada donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Centro Quirúrgico Central, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Imagenología y Laboratorio Especializado. La capacidad de la Unidad debe ajustarse a la cuantificación de pacientes graves y será de 8 a 10% de la capacidad total de camas. Sin embargo, se considera que para lograr una operatividad efectiva, el tamaño de la Unidad no debe ser mayor a 12 camas (12 cubículos). Si existieran necesidades para más de 12 camas, se deberá considerar la construcción de una segunda Unidad. El área para cada cama (cubículo de paciente) requiere un promedio de 12 metros cuadrados con dimensiones no menores a 3.3 x 3.6 metros, de tal forma que se disponga de 1.20 metros a los lados y en un extremo de la cama. Debe asignarse el área suficiente para una estación central de enfermería que permita la observación

directa a todos los pacientes, así como el control total de sus parámetros vitales monitorizados sin necesidad de desplazamiento hacia el cubículo del paciente, hasta que esto sea necesario para atenderlo o corregir cualquier anomalía presentada. Se debe contar con un área para depósito de material, equipos, medicamentos, cuarto séptico (aislamiento), ropería, servicios sanitarios, cuarto de aseo. Deberá disponer de espacio para oficinas de coordinación médica y personal de secretaría.

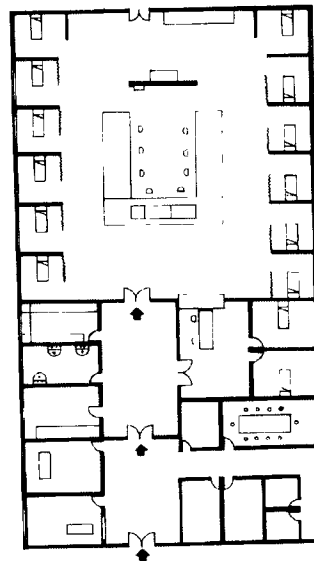


Figura 8. Esquema de la planta física de una U.T.I. Tipo.

En la Figura 9 se indica la distribución de uno de los cubículos, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, instalaciones centralizadas, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la siguiente lista:

Item	Descripción del ítem
1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en la U.T.I.
4	Suministro complem. desde generadores de emergencia.
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo vigilancia aislamiento y/o monitor de fugas.
7	Radiador de calefacción central.
8	Marco metálico de ventanas.
9	Monitor parámet. vitales. Tipo conexión ítem 21 y ECG.
10	Respirador de presión positiva tipo electrónico. Tipo de conexión para ítems 13, 14, 15 y Gasómetro.
11	Tomas de pared de suministro de gas.
12	Cuadro alarmas de dispositivo vigilancia de aislamiento.
13	Unidad de hipo-hiper termia.
14	Bomba móvil de succión de presión variable.
15	Bombas de infusión.
16	Cama-camilla eléctrica.
17	Lámpara de examen.
18	Tablero distribución de energía para equipos médicos.
19	Equipo de Rayos X móvil y/o Equipo de Rayos X de Arco en C.
20	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo de Rayos X.

21	Monitor de electrocardioscopía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
22	Negatoscopio de pared.
23	Toma de pared para equipo de Rayos X.
24	Esfigmomanómetro o tensiómetro de mercurio de pared.
25	Mesa de medicamentos, auxiliar o de comida.
26	Estantería metálica para medicamentos y/o accesorios.

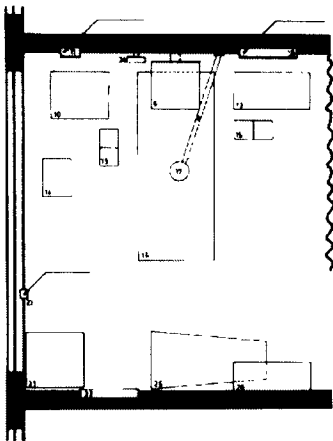


Figura 9. Esquema de distribución de un cubículo de paciente para una U.T.I. Tipo.

Recursos de equipamiento médico: A parte del equipo médico que habitualmente se utiliza en unidades de hospitalización con ciertas variaciones, el equipamiento mínimo para una U.T.I. se divide en tres grupos:

- * Equipo monitor
 - * Monitor de parámetros vitales
 - * Unidad central de monitoreo
- * Equipo de sustentación de vida y reanimación
 - * Respirador electrónico de presión positiva
 - * Monitor móvil con electrocardioscopía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor
 - * Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales
 - * Marcapaso de batería
 - * Equipo de masaje externo cardíaco
 - * Carro de urgencias
- * Equipo de apoyo
 - * Gasómetro
 - * Respirador de presión positiva tipo mecánico
 - * Bomba portátil de succión presión variable
 - * Bomba de infusión
 - * Unidad de hipo-hiper termia
 - * Bandejas estériles con insumos médicos e instrumental para: traqueotomía, toracotomía, disección y adicional.

Instalaciones centralizadas: Se refieren a las instalaciones que se deben realizar para la distribución controlada de los diferentes gases que se requieren en una U.T.I., ya sea para el cuidado del paciente, sustentación de vida y como suministros denominados centralizados necesarios para el funcionamiento de varios equipos médicos.

Para el suministro de todos ellos se deberá proveer de paneles que den indicación permanente del estado de presión de los gases y activen las señales correspondientes en caso de falla por exceso o defecto de presión, permitiendo también sectorizar la alimentación de los gases a la Unidad mediante llaves de paso. La tubería de distribución debe ser de cobre con sellos perfectos en las uniones y derivaciones que se realicen en la línea de suministro para evitar fugas del gas suministrado.

Oxígeno central: La instalación centralizada de oxígeno y con salida a cada una de las camas de la unidad se considera una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de oxígeno sea considerado, en lo posible, separadamente para la unidad del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento. Se deberá asegurar la provisión de oxígeno mediante tomas rápidas de pared a 1.60 metros de altura desde el piso, deberán proveer oxígeno medicinal 100% puro, presión de 50 PSI para su uso directo en los equipos médicos, o mediante flujómetros reductores de presión. Cada cama contará con dos tomas rápidas de pared para provisión de oxígeno a cada paciente. A pesar de las tomas rápidas de pared de oxígeno central, deberá disponerse de botellas de oxígeno de reserva en caso de falla del sistema central.

Sistema de vacío o succión central: Dentro de lo posible, este sistema debe considerarse como importante pero no fundamental, pues aún existiendo el sistema, debe disponerse de bombas móviles de succión, en caso de que se presente una falla en el sistema central. Los sistemas de aire comprimido (de presión negativa, es decir vacío) con válvulas especiales producen succión a diversas presiones; es un sistema muy económico en su operación. Presión negativa (vacío) variable entre: 0 – 750 mmHg. Se deberá planificar una toma tipo manguera de vacío para cada cama. Las bombas de succión tipo termótico deben ser de dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg.

Sistema de Aire Comprimido: La instalación de aire comprimido centralizado y con salida a cada una de las camas de la unidad se considera una necesidad fundamental. Se tomarán las mismas recomendaciones dadas para el caso del oxígeno. Se deberá asegurar la provisión de aire comprimido mediante tomas rápidas de pared a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer aire comprimido medicinal 98% puro, seco (Aire comprimido medicinal seco con un punto de rocío de -20 °C a presión ambiente.), filtrado

(0,1 μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos. Cada cama contará con una toma rápida de pared para provisión de aire comprimido. A pesar de las tomas rápidas de pared de aire comprimido, deberá disponerse de botellas de aire comprimido de reserva en caso de falla del sistema central.

La distribución de los gases mediante sistemas centralizados de una forma óptima se lo realiza desde una estación central, del tipo indicado en la Figura 10.

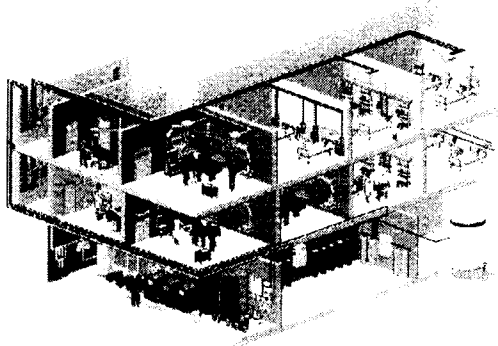


Figura 10. Distribución de gases a varios ambientes en un Hospital.

Como se mencionó al principio de la propuesta de la U.T.I. Tipo, una estación de trabajo modularizada para optimizar espacio y organizar el entorno del paciente de una manera eficiente ayudaría grandemente a cumplir las condiciones de planificación. En la Figura 11 se presenta una estación de trabajo eficiente.

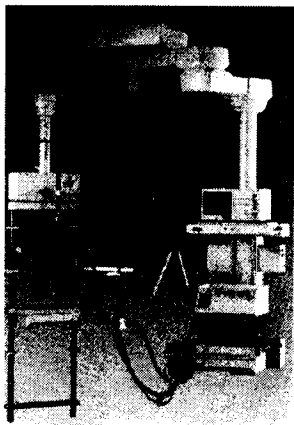


Figura 11. Estación de trabajo eficiente para un cubículo de paciente de una U.T.I.

Instalaciones eléctricas: Se recomienda la instalación de transformadores especiales de aislamiento que eviten las fugas de corriente

cuando ocurran cambios de voltaje en el circuito respectivo. La red eléctrica debe considerar la instalación de varios circuitos de tal forma que de las seis salidas de 110 Voltios que se necesitan para cada cama, tres queden conectadas a un circuito y el resto a otro. Se debe disponer por lo menos de una salida para 220 Voltios, para ser utilizada para equipos móviles de Rayos X y otro tipo de equipo que requiera alto voltaje. Las salidas deben estar por lo menos a un metro de altura sobre el suelo. Los enchufes deben manejarse con cuidado para evitar la desconexión de alguno de los tres cables. La red eléctrica de la Unidad debe estar conectada con el generador eléctrico de emergencia (ítem 4 de Figura 12) de la Casa de Máquinas y de arranque automático (Tablero de transferencia automática de la Casa de Máquinas) para evitar el desabastecimiento cuando se presente una interrupción de energía eléctrica normal de la red pública. Del tablero de aislamiento se tomará la alimentación eléctrica aislada para cada cubículo de paciente, en el cual se conectarán todos los equipos médicos asociados a ese cubículo y los que son de uso general en todos los cubículos. Este detalle se encuentra diseñado en la Figura 12.

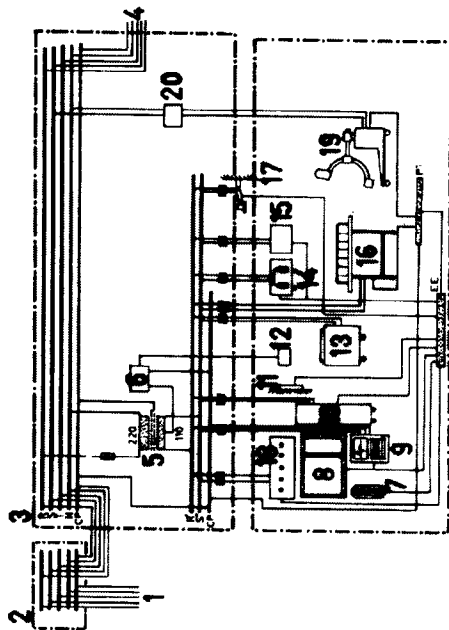


Figura 12. Distribución eléctrica para cubículo de paciente de U.T.I.

Sistema de iluminación: El sistema de iluminación en la Unidad constituye una condición importante pues, de todos los servicios del Hospital, la U.T.I. es un servicio en el que habrá actividad permanente 24 horas al día. Deben preverse instalaciones de iluminación de dos intensidades: una para poder efectuar exámenes y procedimientos al paciente en cualquier momento, por parte del médico

intensivista o el personal auxiliar médico, y otra de menos intensidad para que no interfiera con el reposo necesario que el paciente debe gozar, pero que permita su observación para la atención inmediata en caso de fallo en sus parámetros vitales.

Sistema de comunicación: Las comunicaciones dentro de la unidad, de la unidad con el resto del hospital y fuera de éste son vitales. Deben establecerse comunicaciones entre el paciente y la estación de enfermería; entre esta última, los cuartos de médicos de guardia y la oficina de coordinación de la unidad; y entre la oficina de coordinación de la unidad y el exterior.

Sistema contra incendios: Como medida precautelatoria del paciente y personal médico que labora en esta Unidad, es necesario tomar en cuenta este sistema, debido a que todas las recomendaciones que pueden seguirse con respecto a seguridad, confiabilidad, etc., no tendrían total efecto si son destruidos por el fuego.

Definición de un Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.).

De forma análoga a la analizada para el caso de una U.T.I., se definirá el Centro Quirúrgico Central. El C.Q.C. es un servicio para concentración de corto tiempo (mientras dure la cirugía) de enfermos en estado crítico, que requieren de una cirugía de extirpación, reemplazo (transplantes), corrección de anomalías fisiológicas o funcionales, asepsia de órganos internos, partos, etc.; cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional, corte/coagulación de órganos, sedación y mantención de esta condición, asistencia vital en reemplazo de órganos que están siendo reparados y vigilancia continua de las variables vitales. Está organizado de modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la Unidad de Recuperación, y/o con la Unidad de Terapia Intensiva si el caso lo amerita. En virtud de la variedad de tipos de cirugía que se desarrollan en un Centro Quirúrgico Central, se tendrá la clasificación de los Quirófanos de acuerdo a su disciplina. Así, existirán Quirófanos de:

- | | |
|--------------------|------------------------|
| ☞ Cirugía general | ☞ Cirugía Cardiológica |
| ☞ Cirugía Vascular | ☞ Urología |
| ☞ Neurocirugía | ☞ Cirugía Oncológica |
| ☞ Traumatología | ☞ Otorrinolaringología |
| ☞ Oftalmología | ☞ Proctología |
| ☞ Ginecología | ☞ Salas de Parto |

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| ☞ Estomatología | ☞ Maxilo-facial |
| ☞ Cirugía Torácica | ☞ Cirugía Laparoscópica |
| ☞ Cirugía Plástica | |

Planificación de un Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.) Tipo.

La planificación de un C.Q.C. está enmarcada en su definición funcional. Sus requerimientos también son de tipo físico, equipos médicos, instalaciones centralizadas asociadas y la infraestructura soporte que deberá disponer, de manera similar a la indicada en el caso de una U.T.I.

De forma semejante al caso mencionado en una U.T.I., se puede realizar un análisis profundo, tomando en consideración nuestra realidad social y económica, por lo que el C.Q.C. Tipo puede ser convertido en un C.Q.C. Básico.

Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Tipo.

Recursos físicos.

Planta física: deberá estar ubicado donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Unidad de Terapia Intensiva, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Central de Esterilización, Imagenología y Laboratorio Especializado. El conjunto de quirófanos tendrá capacidad de un quirófano por cada 50 camas. Se considera que para lograr una operatividad efectiva, el tamaño mínimo de cada quirófano debe ser de 30 mts²; es decir, con dimensiones no menores a 6 x 5 metros. El número máximo de quirófanos en el C.Q.C. será de 10. Si existieran necesidades para más de 10 quirófanos, es preferible considerar la construcción de un segundo C.Q.C. Normalmente en la planificación de un Hospital, se consideran los quirófanos denominados periféricos, los mismos que están situados en otras áreas críticas, como en el caso de Emergencia, que, dependiendo de la capacidad del Hospital, podrá tener hasta 2 quirófanos. Para efectos de descentralización y liberación de carga de trabajo del C.Q.C., se recomienda la creación de un quirófano que pertenece a lo que se denomina Hospital Del Día, en donde se realizarán cirugías que no requieren mayor proceso quirúrgico, permitiendo que el paciente sometido a una intervención, pueda salir, luego de su recuperación a su casa. Pero, no por esto significa que no tendrá la infraestructura y el tratamiento de seguridad como en el resto de quirófanos. Siguiendo el mismo concepto, se tienen quirófanos periféricos en otros servicios, como es el caso de Otorrinolaringología, Oftalmología, Endoscopia y una Sala de Yesos en

el servicio de Traumatología. La planificación que se realizará estará centrada en el C.Q.C., aunque las recomendaciones serán válidas también para los quirófanos periféricos.

Para los quirófanos del C.Q.C., se exige que todos éstos sean oscuros (cuando no están prendidas las luces ambiente o las lámparas cielíticas o auxiliares de quirófano), y que se tomen todas las medidas para evitar explosiones originadas por chispas, flamas o corrientes electrostáticas. Además, es necesario que tengan una temperatura graduable entre 20 y 24°C y una humedad de 60%, con extracción de gases en la parte inferior. Estos deberán ser ambientes totalmente estériles, por lo que el personal médico y auxiliar deberá ingresar a él con ropa estéril. Cada quirófano deberá tener un área de lavado de cirujanos y personal auxiliar, área para depósito de medicamentos, fármacos, instrumental e insumos médicos fungibles, gavetas para material de papelería e historias clínicas en tránsito, área de lavado de instrumental.

El C.Q.C. debe disponer de un área suficiente para una estación central de enfermería que permita la coordinación de los trabajos en cada quirófano, con dos bodegas generales para el almacenamiento de fármacos, medicamentos y anestésicos, y la otra para el almacenamiento de equipos médicos e insumos fungibles secundarios; un cuarto séptico; un cuarto de aseo (interno de los quirófanos); un cuarto para el equipo de Rayos X portátil con un ambiente oscuro para el revelado de las placas radiográficas. Se debe contar con un área para depósito de ropería, servicios sanitarios, cuarto de aseo (externo a los quirófanos), una sala de espera para los familiares, oficinas de coordinación médica y personal de secretaría, área de descanso y vestidores para los médicos (uno para hombres y otro para mujeres), con sanitarios y regadera. Área de descanso de enfermeras y vestidores (uno para hombres y otro para mujeres), con sanitarios y regadera para su uso. A pesar de que el Hospital dispone del servicio de la Central de Esterilización, dentro del C.Q.C. deberá existir también una subcentral de esterilización en donde estarán los equipos (autoclaves y esterilizadores en seco), estanterías metálicas en donde se deberá colocar la ropa lavada a ser esterilizada y la ropa ya estéril. El C.Q.C. debe tener una ventanilla de acceso a la Central de Esterilización para la transferencia del material estéril, como ropa, instrumental, etc.

El C.Q.C. debe estar conectado con el Servicio de Recuperación, el mismo que deberá disponer un mínimo de una cama-camilla por cada quirófano y

una adicional por cada cuatro quirófanos, en dónde estarán los pacientes sometidos a cirugía hasta que se restablezcan sus funciones y parámetros vitales, para su transferencia. En la Figura 13 se presenta un esquema de la planta física de un C.Q.C. Tipo, con las áreas especificadas en la planificación.

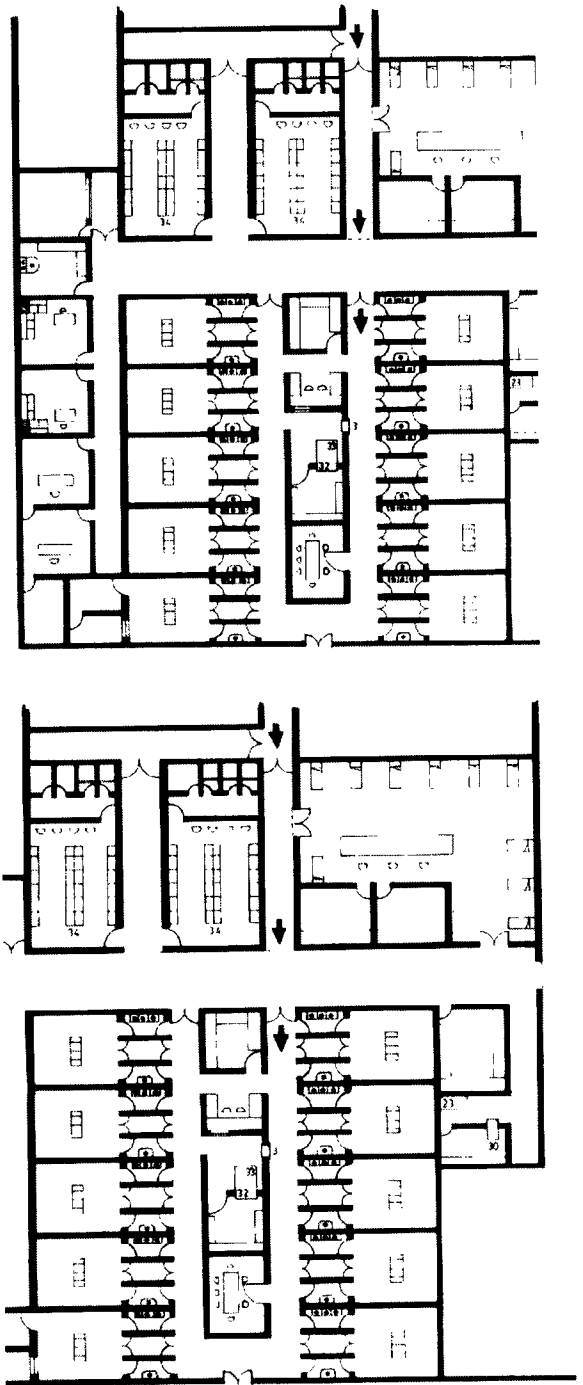


Figura 13. Esquema de la planta física de un C.Q.C. Tipo.

En la Figura 14 se indica la distribución de un quirófano general, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, instalaciones centralizadas, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la lista:

1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en el Centro Quirúrgico Central.
4	Suministro complementario desde generadores de emergencia
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo vigilancia aislamiento y monitor detección fugas
7	Transformador de seguridad energización lámpara cielítica
8	Suministro normal y especial para energizar lámpara cielítica
9	Radiador de calefacción central con control termostático 9 a.
10	Armario metálico para instrumentos.
11	Partes metálicas de lavabos y suministro de agua.
12	Torre aérea de tomas suministro de energía eléctrica y gases
13	Cuadro de alarmas dispositivo de vigilancia de aislamiento
14	Máquina de anestesia tipo quirúrgico. Conectada a toma polariz. aislada del panel de distribución eléctrico (item 31).
15	Monitor de parámetros vitales. Tipo conexión como ítem 14.
16	Mesa de cirugía universal, con accesorios.
17	Lámpara cielítica de dos brazos.
18	Monitor de corriente de consumo de lámpara cielítica.
19	Lámpara auxiliar. Tipo de conexión como de ítem 14.
20	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí). Tipo de conexión como de ítem 14.
21	Bomba móvil de succión de presión variable. Tipo de conexión como de ítem 14.
22	Bombas de infusión. Tipo de conexión como de ítem 14.
23	Equipo de Rayos X móvil o Equipo de Rayos X Arco en C
24	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo Rx.
25	Monitor ECG, registro en papel y desfibrilador/cardioversor. Tipo de conexión como de ítem 14.
26	Negatoscopio de pared.
27	Toma de pared para equipo de Rayos X.
28	Barra de puesta a tierra.
29	Barra equipotencial
30	Procesadora automática de películas radiográficas.
31	Panel de distribución eléctrico aislado y aterrizado (3 unidades/quirófano).
32	Autoclave eléctrico para C.Q.C.
33	Interruptor de protección diferencial para la instalación eléctrica del autoclave eléctrico.
34	Lockers para ropa de médicos, enfermeras y personal auxiliar.

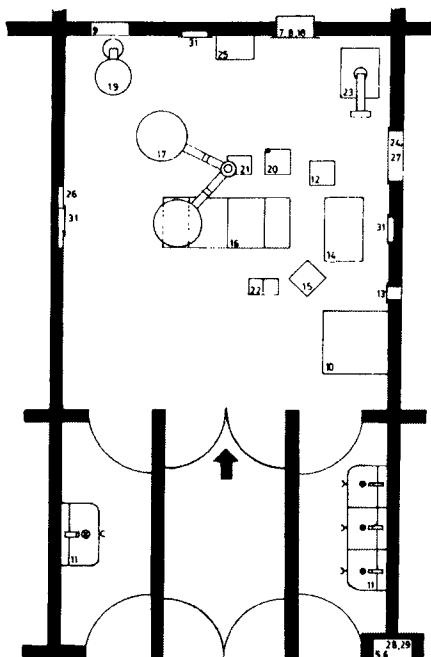


Figura 14. Esquema de distribución de un quirófano general de un C.Q.C. Tipo.

En la Figura 15 se presenta el esquema detallado de distribución del Hospital del Día mencionado anteriormente.

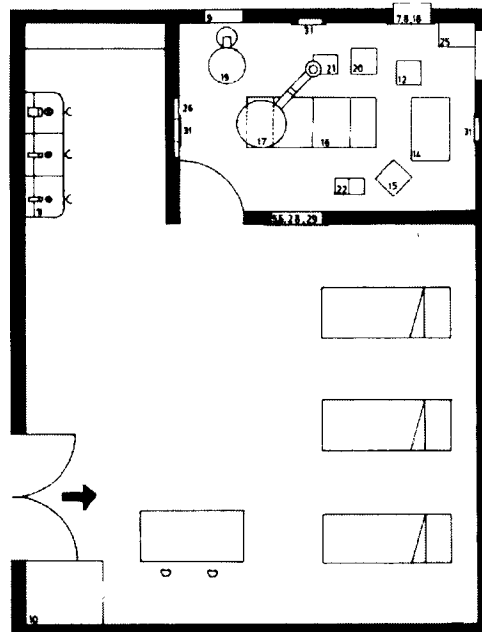


Figura 15. Esquema de distribución del Hospital del Día, perteneciente al C.Q.C.

Recursos de equipamiento médico: El equipamiento mínimo para un quirófano general de un C.Q.C. es:

- ✱ Máquina de anestesia tipo quirúrgico.
- ✱ Monitor de signos vitales.
- ✱ Mesa de cirugía universal, con accesorios.
- ✱ Lámpara cielítica dos brazos, lámpara auxiliar.
- ✱ Unidad electroquirúrgica (electrobisturí).
- ✱ Bomba portátil de succión de presión variable.
- ✱ Bomba de infusión.
- ✱ Cubetas de acero inoxidable, montadas en ruedas de vinyl conductivo.
- ✱ Banco de acero inoxidable, giratorio, de altura ajustable (para cirujano y anestesista).
- ✱ Mesa auxiliar de acero inoxidable para anestesista.
- ✱ Mesa de acero inoxidable para instrumental con cubierta de 1.20 x 0.60 y 0.90 mts. de alto.
- ✱ Mesa de acero inoxidable para suministro de materiales, con campos.
- ✱ Mesa Mayo de acero inoxidable.
- ✱ Mesa semiluna de acero inoxidable.
- ✱ Gradillas para pacientes y/o cirujanos.
- ✱ Paquetes de instrumental: Equipo de cirugía mayor, Equipo para cirugía de abdomen, Equipo de cirugía menor, etc.

A más de este equipamiento que es propio de cada quirófano general, se tienen ciertos equipos de apoyo que son utilizados por cualquier quirófano del C.Q.C., que por su costo sería imposible y económicamente ineficiente disponer en cada quirófano de estos equipos. Así deberán existir:

- Equipo de Rayos X móvil y/o un Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia.
- Procesadora automática de películas radiográficas.
- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
- Autoclave eléctrico.

Para la creación de un quirófano de especialidad, a más del equipamiento descrito, se deberá incorporar los equipos de Laparoscopia (si el quirófano fuese para esta especialidad por ejemplo) y el instrumental específico para esa disciplina.

Instalaciones centralizadas: Para un C.Q.C. se tienen exigencias semejantes a las propuestas en una U.T.I., con ciertas variaciones que merecen ser acotadas. Se debe realizar una sectorización de la alimentación de los gases a cada quirófano del C.Q.C. mediante llaves de paso.

Oxígeno central: La instalación de oxígeno centralizada y con salida a cada uno de los quirófanos tendrá las mismas exigencias que las indicadas para el caso de una U.T.I. El uso de mascarillas o bigoterías para el suministro de oxígeno al paciente se lo realizará mediante la máquina de anestesia, por el mecanismo de bypass. Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de oxígeno para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

Sistema de vacío o succión central: Dentro de lo posible, este sistema debe considerarse como importante pero no fundamental, pues aún existiendo el sistema, debe disponerse de bombas móviles de succión en número que se considere necesario, en caso de que se presente una falla en el sistema central. Los sistemas de aire comprimido serán de las mismas características a las ya indicadas para el caso de una U.T.I.

Oxido Nitroso Central: La instalación del óxido nitroso centralizado y con salida a cada uno de los quirófanos se considera también una necesidad fundamental. El sistema de óxido nitroso deberá ser considerado de uso exclusivo para esta área. Se deberá asegurar la provisión de óxido nitroso mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer óxido nitroso medicinal 100% puro, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos. Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de óxido nitroso para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

A pesar de la toma rápida de pared de óxido nitroso central, deberá disponerse de botellas de óxido nitroso de reserva con sus manorreductores, en caso de falla del sistema central.

Sistema de Aire Comprimido: La instalación de aire comprimido centralizado y con salida a cada uno de los quirófanos tendrá las mismas exigencias y alternativas que las indicadas para el caso de una U.T.I. Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de aire comprimido para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

Como se mencionó al principio de la propuesta de un C.Q.C. Tipo, una estación de trabajo modularizada para optimizar espacio y organizar el entorno del paciente de una manera eficiente ayudaría grandemente a cumplir las condiciones de planificación. En la Figura 16 se presenta una estación de trabajo eficiente.

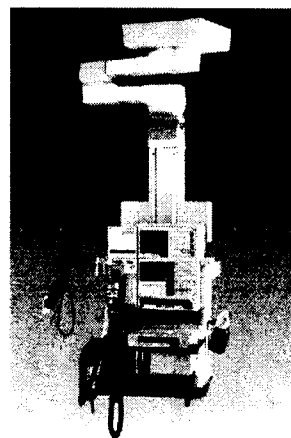


Figura 16. Estación de trabajo eficiente para un quirófano.

Instalaciones eléctricas: La red eléctrica del C.Q.C., tal como en el caso de una U.T.I., debe planificarse con especial cuidado pues constituye el origen de muchos riesgos para los pacientes, así como para el personal médico que trabaja en él. Los pisos y el sistema eléctrico deberán ser a prueba de explosión (pisos anti-estáticos con vinyl conductor), lo mismo que el corredor común a ellos. La planificación de sus instalaciones eléctricas tendrá el mismo tratamiento y seguridad que en el caso de una Unidad de Terapia Intensiva, con las siguientes diferencias:

- La distribución de energía eléctrica para cada quirófano se realizará con un transformador de aislamiento y por ende con su tablero de aislamiento propio, lo que implicará planificar, tantos tableros y transformadores, cuantos quirófanos existan en el C.Q.C.

- Los problemas eléctricos existirán de la misma forma que para el caso analizado de la U.T.I.; sin embargo, se deberá recordar que en el caso de los quirófanos del C.Q.C., se tienen a los pacientes con una desventaja eléctrica; es decir, están menos protegidos, ya que su resistencia será más baja pues están siendo sometidos a una cirugía y por lo tanto su acción será interna y no superficial. Para evitar estos problemas eléctricos, se insiste en la exigencia de la instalación de los transformadores especiales de aislamiento, que eviten las fugas de corriente cuando ocurran cambios de voltaje en el circuito respectivo.

La red eléctrica debe considerar la instalación de varios circuitos de tal forma que de las seis salidas de 110 Voltios que se aconsejan para cada panel de distribución eléctrica de cada quirófano (recordar que son tres paneles por cada quirófano), tres queden conectadas a un circuito y el resto a otro. Se debe disponer por lo menos de una salida para 220 Voltios, para ser utilizada para equipos móviles de Rayos X y otro tipo de equipo que requiera alto voltaje. Las salidas deben estar por lo menos a 1.60m de altura sobre el suelo. Los enchufes deben manejarse con cuidado para evitar la desconexión de alguno de los tres cables. La red eléctrica del Centro Quirúrgico Central debe estar conectada con el generador eléctrico de emergencia en la Casa de Máquinas y de arranque automático (Tablero de transferencia automática de la Casa de Máquinas) para evitar el desabastecimiento cuando se presente una interrupción de energía eléctrica.

Los tableros de distribución y aislamiento van fuera de cada quirófano, y a éstos irán conectados los subtableros de distribución eléctrica aislada (paneles de distribución eléctrica), en donde estarán alojadas las tomas de este tipo de energía y protección. Dependiendo de las necesidades eléctricas que se tengan en cada quirófano, como es el caso del número de equipos y accesorios eléctricos adicionales, se deberá instalar al menos 3 paneles de distribución eléctrica, en los cuales se deberán considerar tomas especiales para equipos.

Para la alimentación eléctrica del Equipo de Rayos X móvil, o del Equipo de Rayos X con intensificador de imagen de Arco en C, es necesario un tablero independiente de distribución eléctrica con un diferencial (el único caso que se interrumpirá la energía eléctrica de este equipo si existiera algún problema eléctrico), que será de las mismas características al indicado en el caso de la planificación de la U.T.I.

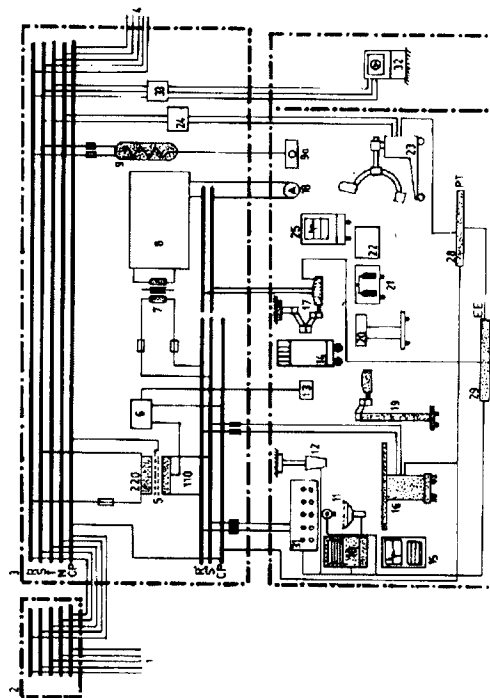


Figura 17. Distribución eléctrica para quirófano general de un C.Q.C. Tipo.

Sistema de iluminación: El sistema de iluminación en el C.Q.C. constituye una condición importante, debido a que no es deseable que, en medio de una intervención quirúrgica exista la interrupción de la red normal y se deba detener la intervención. Debe preverse instalaciones de iluminación ambiental con suficiente cantidad de iluminación y uniformemente distribuida, para que puedan observarse todos los componentes del quirófano. El sistema de iluminación no debe estar conectado a los tableros de aislamiento, por lo que su alimentación eléctrica deberá tomarse de los tableros de alimentación general del hospital con su propio tendido de cables eléctricos.

Sistema de comunicación: Las comunicaciones dentro del Centro Quirúrgico Central, de éste con el resto del hospital y fuera de éste son vitales. Deben establecerse comunicaciones entre cada quirófano y la estación de enfermería; entre esta última, los cuartos de médicos de guardia y la oficina de coordinación del C.Q.C.; y entre la oficina de coordinación del C.Q.C. y el exterior.

Sistemas contra incendios: Como medida precautelatoria del paciente y personal médico que labora en el C.Q.C., es necesario tomar en cuenta este sistema, debido a que todas las recomendaciones que pueden seguirse con respecto a seguridad, confiabilidad, etc., no tendrían total efecto si son destruidos por el fuego.

Conclusiones y recomendaciones.

Es fácil crear pronósticos que suenen razonables, pero la realidad conspira contra la exactitud.

Conclusiones:

- ✱ La Bioingeniería es una disciplina que revolucionó la ciencia médica, la misma que aplica las normas indicadas y se la explota de acuerdo al desarrollo de nuevas tecnologías.
- ✱ Para obtener una máxima confiabilidad en la aplicación de los equipos electromédicos, deben seguirse ciertas normas y recomendaciones que deben ser adoptadas para corregir los problemas que ya se han presentado o que se deberán evitar al diseñar las áreas de U.T.I. y C.Q.C.
- ✱ No es real el hablar de valores de intensidad peligrosa sino se acompaña del término tiempo de paso. El conjunto ligado de valores Intensidad-tiempo es el que determina realmente la gravedad de las consecuencias.
- ✱ La seguridad absoluta en cualquier aplicación no existe y por ende tampoco en los riesgos eléctricos; sin embargo, es necesario tratar de minimizar sus efectos, tratando de corregir las causas que originan las fallas, para que mediante un concepto estadístico se pueda obtener el mayor margen razonable posible de seguridad.
- ✱ El Ingeniero Biomédico (BMET) debe estar totalmente familiarizado con los problemas de seguridad que se pueden crear cuando se usa un equipo médico o cuando se usan varios instrumentos combinadamente o un grupo de equipos que formen un sistema completo de monitoreo Biomédico.

Recomendaciones:

Para el caso de los equipos electromédicos, tanto de una U.T.I. como de un C.Q.C. se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- ✱ Antes de instalar por primera vez un equipo electromédico se deberá comprobar la adecuada polarización de los cables de alimentación y medir sus corrientes de fuga y verificar el estado del cable de protección de tierra del cable de alimentación para asegurar su óptimo funcionamiento.
- ✱ Las pruebas periódicas y la inspección de los sistemas de tierra es tan vital para la seguridad del paciente como la inspección regular de los equipos mismos.
- ✱ Una vez que se ha puesto en funcionamiento los equipos médicos, se recomienda que éstos estén sometidos a programas periódicos de

mantenimiento preventivo/correctivo siguiendo las recomendaciones y especificaciones del fabricante de cada equipo. La ejecución correcta y periódica de los programas de mantenimiento, asegurará el continuo y prolongado funcionamiento de los equipos, logrando alargar su tiempo de vida útil, y reduciendo los costos de repuestos utilizados al ejecutar tan solo un mantenimiento correctivo.

- ✱ El mantenimiento es un factor primordial para la reducción del riesgo, y su costo estimado por año es del orden del 5 al 7% del costo de los equipos; sin embargo, en nuestro medio los recursos que se destinan a esta labor son normalmente escasos no llegando ni al 1% del costo del equipo, por considerar *no necesario el gasto*. Se recomienda, por tanto, que este es un tema en el que el Ingeniero Biomédico debe trabajar para crear conciencia en los directivos de un hospital y reflejar eficiencia al introducirlos en un programa de mantenimiento preventivo de una manera responsable y adecuada.
- ✱ Si se ha logrado someter a un buen Programa de Mantenimiento Preventivo/Correctivo a todos los equipos electromédicos de un hospital, manteniendo adecuadamente su periodicidad y objetivos principales que se persigue, el siguiente paso puede ser la implementación de un Programa de Mantenimiento Predictivo en el que se pueden, de acuerdo a los datos suministrados por el Programa de Mantenimiento Preventivo/Correctivo, predecir los posibles daños y estimar el tiempo de ocurrencia de falla de ciertos dispositivos que pertenecen a los equipos médicos. Si se logra llegar a la meta del Mantenimiento Predictivo y mantener un buen programa real, se puede afirmar que se aplica una buena Bioingeniería, reflejando resultados óptimos de operación, lo cual es algo que se recomienda de sobremanera.
- ✱ Un servicio de mantenimiento eficiente en el área de electromedicina deberá contar con una dotación suficiente de simuladores de parámetros vitales y equipos de medición que permitan establecer el comportamiento de los equipos electromédicos en su interacción con las diferentes situaciones clínicas, permitiendo así que el mantenimiento correctivo practicado en un equipo pueda ser avalizado en su correcto funcionamiento (control de calidad) dentro de las condiciones diseñadas y esperadas por el fabricante y no convertirse en una fuente de riesgo. Lo mismo ocurre luego de una sesión de mantenimiento preventivo y/o predictivo si es del caso. Es decir, un ingeniero Biomédico

puede ofrecer su solvencia técnica en ciertas áreas de equipamiento electromédico, pero si no dispone de los equipos de simulación y medición de signos vitales en estas áreas, es muy probable que no pueda asegurar su adecuado funcionamiento. Se debe notar que la complementariedad de estas acciones es necesariamente exigible para poder lograr la seguridad del paciente tantas veces mencionada.

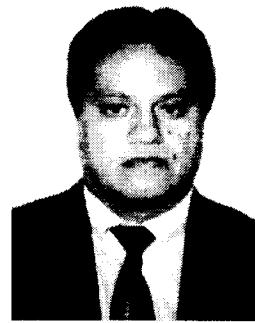
Se recomienda enseñar sobre la existencia de estas y otras normas a los estudiantes y/o profesionales que tengan acceso a cursos de actualización de conocimientos para que conozcan que cuentan con las mismas como referencia y como algo obligatorio a seguir en sus actividades profesionales.

BIBLIOGRAFIA

1. AVILA MONTESO José; *La Seguridad en el Hospital*; Cedel; 1978; Barcelona.
2. BARQUIN Manuel; *Dirección de Hospitales*; Interamericana; 1986; México; 5ta. Edición.
3. BIDANI A.; *Trastornos de electrolitos y ácido-base*; Interamericana; 1987; Barcelona.
4. BOYD E.; *Growth of the surface area of the human body*; U. Of Minnesota Press; 1979; Minnesota.
5. DIAZ DE LEON Manuel; *Normas de la Unidad de Cuidados Intensivos*; Siglo XXI; 1990; México.
6. DIAZ DE LEON Manuel; *Medicina Crítica*; Limusa; 1993; México; 2da. Edición.
7. DIAZ DE LEON Manuel; *Medicina Crítica, Nefrología mexicana*; Limusa; 1988; México.
8. DUBOVY Joseph; *Introduction to Biomedical Electronics*; McGraw-Hill; 1978; New York.
9. EROS Bela; *Mechanical ventilators: Principles of operation, International Anesthesiology, Clinics*; Col; 1980; vol. 18, No. 2.
10. FERNANDEZ Enrique; *The use and abuse of ventilators*; Harrisons Mac Graw-Hill; 1981; Los Angeles.
11. GOMEZ Bautista; *La organización del Quirófano de un Hospital General. Sala de operaciones*; Unam; 1987; México.
12. GRIFFIN Noyce; *Electronics for Hospital patient care*; U.S. Department of Health, Education and Welfare; 1987; Washington.
13. HERMACH F. L.; *Hazards from Static Electricity*; 1972; Washington.
14. HEWLETT PACKARD; *Physician's guide to the HP catheterization data analysis system*; HEWLETT PACKARD; 1979; Waltham.
15. IBSS; *Proyecto Sub-regional de fortalecimiento y desarrollo de servicios de Ingeniería y Mantenimiento de Unidades de Salud*; 1988; Cochabamba.
16. IMSS; *Manual técnico administrativo de las unidades de cuidados del paciente en estado crítico*; I.M.S.S.; 1987; México.

17. OMS; *Proyecto Sub-regional de Fortalecimiento y desarrollo de Servicios de Ingeniería y Mantenimiento de Unidades de Salud*; OMS; 1988; Cochabamba.
18. OPS-Centro de Ingeniería Biomédica; *Criterios para adquisición y contratación de equipamientos*; CEB; 1988; Campiñas.
19. OPS-Centro de Ingeniería Biomédica; *Elaboración de un proyecto de selección de equipamiento*; CEB; 1988; Campiñas.
20. OWEN J.K.; *Modern concepts of Hospital administration*; W.B. Saunders Company; 1982; Filadelfia.
21. TEMES J.L.; *Manual de Gestión Hospitalaria*; Interamericana; 1992; Madrid.

BIOGRAFIAS:



Patricio Hernández U. Nace en Riobamba, Ecuador, el 10 de Diciembre de 1959. Obtuvo el Título de Bachiller en H.H.M.M. en el Colegio Santo Tomás Apóstol STAR de la ciudad de Riobamba. En Agosto de 1999 obtuvo su Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional.

Actualmente es Gerente Técnico de la Empresa IX BIOTRON DEL ECUADOR Cía. Ltda., empresa dedicada a la Venta y Mantenimiento de Equipo Médico.



Luis Corrales obtuvo su título de Bachiller Técnico, Especialización Radio Tecnia en el Instituto Superior Central Técnico. En 1979 obtuvo su título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional. De 1984 a 1988 realizó sus estudios de Postgrado en la Universidad de Strathclyde, Glasgow, Escocia, en donde obtuvo su título de PhD en Bioingeniería.

Actualmente es profesor principal de la Escuela Politécnica Nacional en el Departamento de Electrónica y Control en la Cátedra de Instrumentación Industrial y en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones en la Cátedra de Computadores Personales. También actúa como consultor del Banco Interamericano de Desarrollo en el area de Sistemas.