

CONESCAPANHONDURAS2025paper93.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477763198

Submission Date

Jul 31, 2025, 10:46 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 2:54 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper93.pdf

File Size

378.3 KB

6 Pages




4,085 Words

21,822 Characters

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
www.coursehero.com		2%
2	Internet	
issuu.com		1%
3	Internet	
www.celyontecnica.es		<1%
4	Internet	
www.infomed.sld.cu		<1%
5	Internet	
www.sihealth.es		<1%
6	Internet	
qdoc.tips		<1%
7	Internet	
www.flukebiomedical.com		<1%
8	Internet	
es.scribd.com		<1%
9	Internet	
www.criticalcarereviews.com		<1%
10	Internet	
manualzz.com		<1%
11	Internet	
hdl.handle.net		<1%

12	Internet	pmc.ncbi.nlm.nih.gov	<1%
13	Internet	www.frontiersin.org	<1%
14	Internet	dayofdifference.org.au	<1%
15	Internet	rei.iteso.mx	<1%
16	Internet	www.iapb.org	<1%
17	Internet	www.scribd.com	<1%
18	Internet	bibdigital.epn.edu.ec	<1%
19	Internet	oa.upm.es	<1%
20	Internet	www.sem microbiologia.org	<1%
21	Internet	www.slideshare.net	<1%
22	Internet	onbaseext.phs.org	<1%
23	Publication	Editorial Mar Caribe, Marisol Paola Delgado Baltazar, Jenny Maria Ruiz Salazar, Fr...	<1%

Análisis Comparativo de la Seguridad Eléctrica en Equipos Médicos con Cableado: Grado Médico y Convencional.

1

line 1: 1st Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

line 1: 2nd Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

line 1: 3rd Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

2

line 1: 4th Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

line 1: 5th Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

line 1: 6th Given Name Surname
line 2: dept. name of organization
(of Affiliation)
line 3: name of organization
(of Affiliation)

6

4

Resumen— Este artículo presenta un enfoque analítico para la evaluación de la seguridad eléctrica en diez equipos médicos de Clase I, los cuales son utilizados con fines didácticos en el laboratorio de biomédica de la Universidad Don Bosco, en El Salvador. La investigación parte de la premisa que, si los equipos médicos evaluados fueran utilizados en un escenario de aplicación clínica, ¿Realmente el tipo de cable de alimentación utilizado puede representar una influencia significativamente en la protección del equipo, del personal y de los pacientes? En consecuencia, se plantea la necesidad de emplear cables de grado médico como una medida esencial para garantizar condiciones óptimas de seguridad y funcionamiento en entornos clínicos.

8

Los resultados obtenidos muestran que, aunque las diferencias entre el uso de cable comercial y cable de grado hospitalario pueden parecer mínimas en el corto plazo, estas diferencias podrían representar riesgos significativos a largo plazo. Esto subraya la importancia de una correcta selección de los componentes, particularmente del cableado de alimentación, como un factor determinante para asegurar un funcionamiento confiable y una protección efectiva frente a posibles fallas eléctricas en equipos médicos.

Palabras claves— Análisis, cableado, corriente de fuga, equipos médicos, Fluke ESA620, IEC 62353, laboratorio de biomédica, protección eléctrica, riesgos clínicos.

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad eléctrica en equipos médicos es un aspecto crítico para la protección de pacientes y personal clínico, especialmente en entornos donde fallos en el aislamiento o fugas de corriente pueden derivar en riesgos graves, como descargas eléctricas, incendios o lesiones tisulares [1].

Según la Food and Drug Administration (FDA) [2], las fallas eléctricas representan el 23% de los retiros de dispositivos médicos a nivel global, por tanto, es un problema que se replica en Latinoamérica: estudios de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) [3] reportan que el 18% de las alertas sanitarias en la región (2019-2023) estuvieron

vinculadas a riesgos eléctricos, incluyendo incendios en equipos por cables de alimentación deteriorados o no certificados. En países como México y Brasil, investigaciones hospitalarias [4] atribuyen el 31% de las fallas en equipos médicos al uso de componentes auxiliares comerciales, con resistencias de tierra un 40% más altas que las permitidas por la IEC 60601-1 [5].

Casos críticos en Colombia [6] incluso documentaron descargas a pacientes en unidades de cuidados intensivos debido a cables estándar con fugas superiores a 800 μ A (excediendo el límite de 500 μ A). Estos hallazgos evidencian que la falta de protocolos para validar componentes como los cables de alimentación [7] es un riesgo transversal que requiere soluciones urgentes y estandarizadas. Los estándares internacionales actuales dictados por la International Electrotechnical Commission, como la IEC 60601-1 [5], establecen requisitos esenciales para el diseño de equipos médicos, pero su alcance se limita a la fase de fabricación, dejando fuera evaluaciones posteriores durante su vida útil. Por su parte, la IEC 62353 [8] cubre pruebas periódicas en entornos clínicos, mientras que la NFPA 99 [9] regula riesgos eléctricos en instalaciones hospitalarias.

A pesar del rigor en las normativas internacionales, uno de los problemas recurrentes en centros de salud de distintas regiones del mundo es el uso de cables de alimentación no certificados, seleccionados comúnmente por su bajo costo, sin embargo, incumplen los requisitos de seguridad establecidos en normativas internacionales, aumentando significativamente el riesgo de fallos eléctricos [7].

No obstante, ninguna de estas normativas descritas aborda explícitamente el impacto de componentes externos, como el uso de cables de alimentación comerciales no médicos. Este vacío normativo motiva la presente investigación, que busca cuantificar cómo la elección inadecuada del cable de alimentación de equipos médicos puede afectar parámetros críticos como: corrientes de fuga [5], resistencia de tierra de protección (PER) y continuidad eléctrica bajo estrés operativo [10].

En este artículo se propone abordar dicho problema mediante un análisis experimental riguroso, demostrando cómo la elección incorrecta del cable de alimentación puede

comprometer la integridad de los equipos médicos. Para dicho análisis se realizará pruebas de seguridad eléctrica en 10 equipos médicos de clase I presentes en el laboratorio de biomédica de la Universidad Don Bosco, El Salvador. Con la intención de abordar un análisis técnico multidimensional, para equipos de clase I; la metodología propuesta abarca desde mediciones precisas de parámetros básicos como tensión de alimentación, evaluando punto a punto [11] entre línea-neutro (L-N), neutro-tierra (N-T) y línea-tierra (L-N), hasta evaluaciones avanzadas, como la cuantificación de corrientes de fuga, para verificar el cumplimiento del límite de seguridad establecido en la norma IEC 60601-1 [5], como se muestra en la Tabla I.

TABLA I.

LÍMITES DE CORRIENTE DE FUGA SEGÚN SU CLASE.

Clase del equipo		Tipo B	Tipo BF	Tipo CF
Clase I	Pin de conexión a tierra obligatoria	500 μ A	500 μ A	500 μ A
Clase II	Doble aislamiento (sin pin de tierra)	100 μ A	100 μ A	100 μ A

Un aporte clave de este trabajo es el desarrollo de un estudio comparativo detallado entre cables de alimentación de grado médico conformes con la IEC 60601-1 [5] y cables comerciales estándar, analizando posibles diferencias en parámetros críticos como las corrientes de fuga en las partes aplicadas de los equipos.

Los resultados de este análisis esperan validar la importancia de emplear componentes certificados, además, con el desarrollo de este artículo se espera proporcionar, un marco de referencia para concientizar sobre los vacíos en los protocolos de inspección y la optimización de estos, con el objetivo de reducir costos asociados a fallos eléctricos. En última instancia, este trabajo busca contribuir al fortalecimiento de la seguridad eléctrica hospitalaria y a la protección efectiva de la vida humana en contextos clínicos [12].

II. METODOLOGÍA

A. Equipo para la Realización de Pruebas Eléctricas

Las pruebas de seguridad eléctrica se realizaron mediante el uso del equipo Fluke ESA620 Electrical Safety Analyzer [11], este analizador se caracteriza por la confiabilidad en su integración al testeo y documentación para la verificación eléctrica en equipos biomédicos contando con estándares globales entre los cuales destaca principalmente la IEC60601-1 [5].

Para asegurar un buen resultado, se configuró bajo la normativa EN62353 [8], específicamente para la aplicación de equipos viejos y/o usados. Esta normativa es también conocida como IEC 62353, establece procedimientos simplificados y seguros para pruebas periódicas de

mantenimiento. En base a esta configuración, el equipo cuenta con los siguientes botones de funciones de prueba, los cuales serán puestas en marcha según aplique con la información proporcionada por el manual de usuario [8]:

- Tensión (V): Prueba aplicable la cual mide tensión a red y tensión de punto a punto entre línea-neutro (L-N), neutro-tierra (N-T), línea-tierra (L-T) con rango de 0 a 300 V CA rms y una exactitud de $\pm 2\%$ de la lectura + 1V CA (en caso de tensión a red) o +2 LSD (para la tensión de punto a punto).
- Resistencia de Tierra (Ω): Verifica la continuidad y baja resistencia producida por el conductor que va desde el chasis del equipo, hasta la conexión a tierra. Generalmente aplica una corriente de 200mA o 25A, esperando un resultado cercano a los 0.1 Ω .
- Corriente de Suministro (A): Mide la corriente de carga que consume el equipo al ser alimentado, soportando un rango de 0-20 A CA rms, con una exactitud del 5% de la lectura con $\pm(2$ conteos o 0.2A, lo que sea mayor).
- Corriente de fuga (μ A): Mide corrientes de fuga en bajo nivel, que se espera que sea expresada en el orden de los microamperios. Presenta una exactitud del $\pm 10\%$ de la lectura $\pm(2$ conteos o 20 μ A, lo que sea mayor). Esta lectura es realizada a las partes externas y/o accesibles del equipo (chasis, conectores, partes aplicadas, entre otras).
- Resistencia de aislamiento (M Ω): No se aplicó debido al estrés que se produciría en el equipo, tomando en cuenta que se realizarían múltiples pruebas por diferentes personas en los mismos.
- Formas de onda de rendimiento del ECG: Aplicables únicamente al monitor de signos vitales. Esta prueba manda señales al equipo de ciertos rangos/ondas para la verificación 13 de que se vean y muestren la lectura correcta. Con una exactitud del $\pm 2\%$, presenta las siguientes formas de onda:
 - Complejo ECG (30, 60, 120, 180, 240 lpm)
 - Fibrilación ventricular
 - Onda cuadrada
 - Onda sinusoidal
 - Impulso

Por lo tanto, de acuerdo con las especificaciones técnicas descritas y las capacidades operativas del analizador de seguridad eléctrica Fluke ESA620. Se determinó que, en el análisis de los 10 equipos médicos evaluados en esta investigación, las pruebas seguridad eléctrica realizadas, se basaron en los tres principales parámetros más importantes, los cuales son:

- Tensión (V) punto a punto.
- Corriente de suministro (A).

- Corriente de fuga (uA).

B. Clase de Equipos a los que se les Pueden Aplicar Pruebas.

Según la clase de riesgo eléctrico que pueda existir en cada equipo, estos se adecuan a un nivel de protección asociado a su suministro eléctrico, materializándose en Clase I, II y III según la normativa IEC60601-1 [5]:

- CLASE I: Es referido a aquellos equipos que no precisan solamente de un aislamiento básico, si no que se complementan con una protección adicional. Esto sugiere que tanto las partes metálicas externas e internas están sujetas a un enlace a tierra (tercer pin).
- CLASE II: Es referido a aquellos equipos que de igual forma no precisan solamente de un aislamiento básico, estos se complementan mediando un doble aislamiento o un aislamiento reforzado sin necesidad de estar sujetas a una conexión a tierra.
- CLASE III: Por lo general mantienen una alimentación a tensiones muy bajas sin conexión eléctrica desde el exterior. Mantienen un aislamiento básico con alimentación interna (como lo pueden ser baterías o pilas).

En el presente análisis se llevaron a cabo las pruebas de seguridad eléctrica correspondientes a 10 equipos médicos de Clase I presenten en el laboratorio de ingeniería biomédica de la Universidad Don Bosco, El Salvador. En la Tabla II se muestran descritos los dispositivos médicos sometidos a la evaluación de seguridad eléctrica:

TABLA II.
EQUIPOS MÉDICOS EVALUADOS EN EL ANÁLISIS.

Equipo	Marca	Modelo
Monitor de signos vitales	MINDRAY	uMEC12
Desfibrilador	MINDRAY	BeneHeartD3
Unidad de electrocirugía	LED SpA	SUTRON 80
Electrocardiógrafo	BTL	BTL-80 SD
Ultrasonido	GE Healthcare	LOGIQ P5
Cuna térmica	OHMEDA	Model 4000
Bomba infusora	SMITHS	Graseby 3000
Analizador químico	VITAL	EON one
Incubadora bacteriológica	Ortho Clinical	Ortho Bevue
Centrifuga	IEC	Micromax

C. Tipo de Cables por Utilizar para la Realización de Pruebas

Es importante resaltar que un cable de grado médico debe de cumplir con especificaciones que hace que se diferencie de un cable de alimentación convencional (aunque visualmente sean similares). Un cable de grado

hospitalario debe de tener un enchufe tipo D y un cable de alimentación de 3 m de longitud con una sección transversal mínima de 0,75 mm y una resistencia del cable <100 m. De no tener estas características el valor de resistencia de tierra puede variar y como resultado presentar un PER más alto [13].

Dichas especificaciones proponen que al utilizar un cable de alimentación de grado médico se está implementando cómo parte de los protocolos de seguridad eléctrica, con el objetivo de obtener tres beneficios frente a los riesgos eléctricos [14]:

- Proteger al paciente, al usuario y al equipo.
- Proteger al equipo por interferencias armónicas causadas por equipos cercanos.
- Ajustar la corriente de fuga al límite de seguridad.

En este artículo se analiza comparativamente el desempeño del cable grado médico versus cable convencional en los 10 equipos de Clase I. Por tanto, se describen las características técnicas de ambos tipos de cables empleados en el estudio:

- Características del cable de grado hospitalario:
 - Modelo: Interpower 83010110
 - Marca: Interpower
 - Corriente: 15 A
 - Voltaje: 125 V
- Características del cable convencional (No Hospitalario):
 - Modelo: YC-2
 - Marca: YU-CHOU
 - Corriente: 10 A
 - Voltaje: 120V

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados de las pruebas eléctricas realizadas en los 10 equipos médicos evaluados muestran diferencias notables entre el uso de cable de grado hospitalario y cable convencional (no hospitalario).

En la Tabla III se presentan las mediciones de tensión punto a punto realizadas, donde se observan variaciones entre ambos tipos de cables. Aunque las diferencias aparentan ser mínimas, de forma casi despreciable, estas variaciones representan un indicador de inestabilidad eléctrica, ya que estas pequeñas fluctuaciones en las mediciones pueden alterar el desempeño y reducir la vida útil de los equipos.

En las mediciones de tensión neutro-tierra (N-T), la mayoría de los equipos registraron valores bajos (0.1 V), excepto el electrocardiógrafo, que presentó 0.3 V con cable

de grado médico y 0.4 V con cable convencional. Esto indica que un posible problema se origina de manera más interna dentro del equipo, siendo posible un mal acoplamiento en su conexión a tierra y un riesgo potencial de ruido o inestabilidad en el ECG. Según la norma IEC 62353 [8], valores de tensión neutro-tierra (N-T) superiores a 0.2 V requieren monitoreo, ya que podrían comprometer la conexión equipotencial del entorno clínico.

Asimismo, durante las mediciones línea-neutro(L-N) y línea-tierra (L-T) se intuye fluctuaciones en la tensión de línea por tanto los valores están por encima de 127 V, sin embargo, también se refleja que el cable no hospitalario presenta una menor calidad de conexión a tierra, incrementando el riesgo para la seguridad del paciente, especialmente en configuraciones con múltiples dispositivos conectados.

TABLA III.
VALORES DE TENSIÓN PUNTO A PUNTO OBTENIDOS

Equipo	Voltaje del equipo (V)					
	Grado médico			Grado no médico		
Opciones	L-N	N-T	L-T	L-N	N-T	L-T
Monitor de signos vitales	127.2	0.1	127.4	128	0.1	128.1
Desfibrilador	127.6	0.1	127.7	128.3	0.1	128.4
Unidad de electrocirugía	126.7	0.1	126.8	126.8	0.1	126.9
Electrocardiógrafo	124.2	0.3	124	125.3	0.4	125
Ultrasonido	125.4	0.1	125.4	126.3	0.1	126
Cuna térmica	124.9	0.1	124.8	125.7	0.1	125.6
Bomba infusora	127.7	0.1	127.6	128.5	0.1	128.4
Analizador químico	125.9	0.1	126	126.3	0.1	126.2
Incubadora bacteriológica	125.5	0.1	125.5	125.7	0.1	125.7
Centrifuga	125.2	0.1	125.2	125.4	0.1	125.3

La medición de la corriente de suministro en los equipos médicos evaluados, se observan en la Tabla IV, los datos obtenidos evidencian que, aunque en la mayoría de los equipos los valores se mantienen iguales, algunos equipos si presentan diferencias que pueden tener impactos negativos en la seguridad del entorno clínico.

TABLA IV.
VALORES DE CORRIENTE DE SUMINISTRO OBTENIDOS

Equipo		Corriente de consumo (A)	
		Grado médico	Grado no médico
1	Monitor de signos vitales	0.1	0.2
2	Desfibrilador	0.7	0.7
3	Unidad de electrocirugía	0.1	0.1
4	Electrocardiógrafo	0.1	0.1

5	Ultrasonido	1.2	1.5
6	Cuna térmica	0.1	0.2
7	Bomba infusora	0.1	0.1
8	Analizador químico	0.2	0.2
9	Incubadora bacteriológica	0.5	0.5
10	Centrifuga	0.1	0.1

En la Fig. 1, se observa que los equipos que presentan un aumento significativo en el consumo de corriente son: monitor de signos vitales, cuna térmica y ultrasonido. Estos aumentos obligan al equipo a demandar una mayor corriente y por consiguiente un aumento en la potencia requerida, lo cual representa un riesgo para la estabilidad energética del equipo médico y en especial en entornos que demanden un alto consumo de energía eléctrica, como los quirófanos o UCI.

Estos aumentos pueden provocar sobrecalentamiento en el cable o directamente sobre el equipo médico [15] y derivar a otros problemas como errores en la lectura de resultados, lo cual compromete de manera directa a la seguridad e integridad.

Es importante que los equipos operen de manera segura bajo las condiciones normales, sin calentamientos ni exceder la demanda de corriente que necesita el equipo. El uso de cables no certificados como grado hospitalario pone en riesgo el cumplimiento de esta consideración.

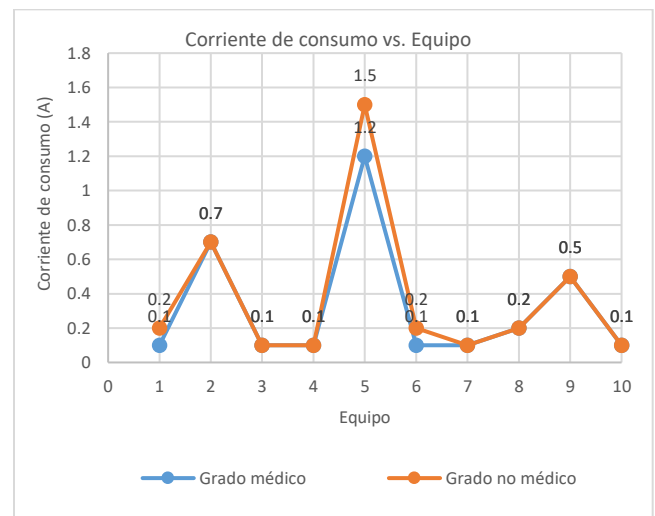


Fig. 1. Gráfico del consumo de corriente de los equipos médicos

Por otro lado, se realizó el análisis respectivo a las corrientes de fugas, dicho parámetro es uno de los más críticos en la evaluación de la seguridad eléctrica de equipos médicos, ya que puede generar descargas eléctricas al paciente, al personal médico o al chasis del equipo. Los resultados presentados en la Tabla V destacan la importancia de emplear cables certificados de grado hospitalario en buen estado. Según los límites establecidos en la Tabla I, el umbral máximo permitido de corriente de fuga para equipos Clase I con partes aplicadas es de 500 μ A. De acuerdo con

las mediciones, la bomba de infusión y la centrífuga superan este valor, representando un riesgo potencial para la seguridad.

Durante el análisis, se utilizaron dos cables de grado médico diferentes. El primer cable (Grado Médico 1) presentó valores de corriente de fuga superiores a los del cable no médico, y en algunos casos duplicó los valores respecto al segundo cable médico (Grado Médico 2), como se observó en el sensor de temperatura del monitor de signos vitales. Esta anomalía sugiere un posible defecto interno en el primer cable de grado médico. Según la norma IEC 60601-1, desviaciones en la corriente pueden inducir errores en la validación de protocolos de mantenimiento [8].

En contraste, el segundo cable de grado médico mostró un mejor desempeño en todos los equipos evaluados, mientras que el cable no médico presentó consistentemente mayores niveles de corriente de fuga. Los resultados evidencian que el primer cable de grado médico utilizado presentaba defectos que alteraron la ruta de la corriente de fuga, generando mediciones superiores incluso a las obtenidas con un cable no médico. Su uso durante las pruebas comprometió la validez de los datos, induciendo lecturas erróneas y elevadas.

Por tanto, en la Fig. 2 sólo se presenta el porcentaje de error entre las mediciones obtenidas con el segundo cable de grado médico (no defectuoso) y el cable convencional, para

un análisis más fidedigno respecto al objetivo de estudio de este artículo. Aunque la mayoría de las discrepancias se mantienen por alrededor del 15 % o menor, en algunos casos, como en el equipo de monitor de signos vitales y el ultrasonido aumentan al 20% y 18% respectivamente, lo cual impacta negativamente en la confiabilidad de la evaluación de seguridad eléctrica.

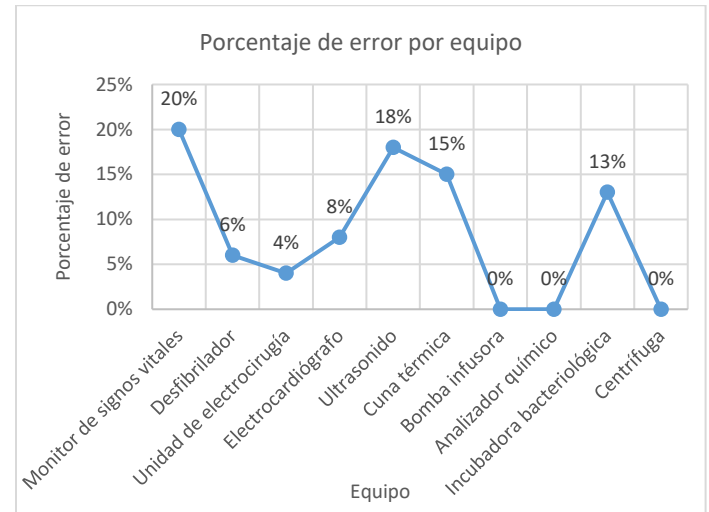


Fig 2. Porcentaje de error comparativo respecto a la corriente de fuga.

TABLA V.
VALORES DE CORRIENTE DE FUGA OBTENIDOS EN MÉTODO DIRECTO

N°	Equipo	Accesorios	Corriente de fugas (uA)				Porcentaje de error	
			Grado médico 1	Grado médico 2	Grado no médico		Porcentaje de error	
							Por accesorio	Por equipo
1	Monitor de signos vitales.	Brazalete	1.7	1.3	1.4		8%	20%
		Oxímetro	1.9	1.5	1.7		13%	
		Temperatura	1.7	0.8	1.2		50%	
		ECG	5.7	3.8	4.1		8%	
		Onda de simulación para ECG	La muestra correctamente	La muestra correctamente	La muestra correctamente		-	
2	Desfibrilador.	Paletas	18.9	18.2	18.3		1%	6%
		ECG	4.1	3.1	3.4		10%	
3	Unidad de electrocirugía.	Electrodo activo	8.7	8.6	8.9		3%	4%
		Electrodo de retorno	8.9	8.1	8.4		4%	
4	Electrocardiógrafo.	10 Electrodo	8.3	7.5	8.1		8%	8%
5	Ultrasonido	Electrodo 1	5.8	1.1	1.5		36%	18%
		Electrodo 2	1.9	1.7	1.8		6%	
		Electrodo 3	2	1.6	1.8		13%	
6	Cuna térmica	Temperatura	1.4	1.3	1.5		15%	15%
7	Bomba infusora	Chasis metálico	5500	5500	5500		0%	0%
8	Analizador químico	Chasis metálico	1.5	1.5	1.5		0%	0%
9	Incubadora bacteriológica	Chasis metálico	1.5	0.8	0.9		13%	13%
10	Centrífuga	Chasis metálico	5500	5500	5500		0%	0%

IV. CONCLUSIONES

El análisis comparativo realizado deja en evidencia el papel fundamental que posee la elección adecuada del tipo de cable de alimentación para los equipos médicos, esto principalmente por la incidencia directa del impacto que tiene en los parámetros de seguridad eléctrica y su desempeño propio.

Las pruebas eléctricas realizadas muestran como los cables de grado médico, en condiciones óptimas, poseen un comportamiento más seguro y estable, presentando menores valores en la corriente de fuga, consumo de corriente y en los valores de tensión, cumpliendo en su mayoría con los límites establecidos por la norma IEC 62353 [8]. Por otro lado, los cables convencionales poseen el efecto contrario, incrementan la posibilidad de que ocurra corriente de fuga, poniendo en riesgo directamente la seguridad del paciente y todo su entorno clínico. Aunque en ocasiones los cables convencionales logren registrar valores similares a los que brinda un cable de grado hospitalario, no es recomendable su utilización, ya que no cumple con los requisitos de seguridad eléctrica establecidos.

De la misma manera se hace énfasis sobre la importancia de incluir inspecciones de rutina a los accesorios eléctricos de los equipos, en especial a los cables de grado médico, ya que un cable defectuoso cómo se observó en los resultados obtenidos puede representar un riesgo altamente peligroso que vulnera la seguridad eléctrica del área, por lo cual es necesario incluirlo en los mantenimientos preventivos y/o correctivos de los equipos médicos.

El cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica no solo debe verse enfocadas directamente al equipo médico, sino que también deben de considerarse y medirse todos los componentes auxiliares y accesorios que posean. Minimizar los riesgos clínicos es necesario y se logra incorporando protocolos de inspección rutinarios de seguridad eléctrica junto a la concientización y capacitación del personal biomédico sobre el impacto que genera para una buena confiabilidad de los equipos y del sistema de salud, todo esto mediante instituciones sanitarias y académicas.

REFERENCIAS

- [1] Biomedical, «Fluke Biomedical,» *Electrical Safety: Why it's important*, 2024. [En línea]. Available: <https://www.flukebiomedical.com/blog/electrical-safety-why-its-important>. [Último acceso: 5 Mayo 2025].
- [2] «U.S. Food and Drug Administration FDA,» [En línea]. Available: <https://www.fda.gov/medical-devices>. [Último acceso: 14 mayo 2025].
- [3] R. Silvia y e. al, «Análisis de fallas en equipos médicos por componentes auxiliares no certificados: estudios de caso en hospitales de México y Brasil,» *Ing. Bioméd*, vol. 12, n° 2, pp. 45-60, 2022.
- [4] OPS, «Organización Panamericana de la Salud,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/documentos>. [Último acceso: 23 mayo 2025].
- [5] «IEC 60601-1:2020, International Electrotechnical Commission,» de *Medical electrical equipment-Part 1: General requirements for safety and essential performance*, 2020.
- [6] INVIMA, «Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.invima.gov.co/>. [Último acceso: 15 mayo 2025].
- [7] V. Padmavathi y e. al, «Does non-medical grade power cord compromise the safety of medical equipment?,» *Indian J Anaesth*, n° DOI: 10.4103/0019-5049.171556, 2015.
- [8] S. Group, «IEC 62353,» de *A Practical Guide to IEC 62353*, 2019.
- [9] «National Fire Protection Association NFPA 99, Health care facilities code,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards>. [Último acceso: 14 mayo 2025].
- [10] B. Jacobson y A. Murray, *Medical Devices Use and Safety: Electricity and Safety*, India: Reed Elsevier, 2011.
- [11] F. Corporation, «Fluke Biomedical, Electrical safety analyzers,» [En línea]. Available: <https://www.flukebiomedical.com/products/medical-test-equipment/electrical-safety-analyzers>. [Último acceso: 14 mayo 2025].
- [12] «Organización Mundial de la Salud (OPS),» *Seguridad eléctrica en equipos médicos: Una revisión sistemática de riesgos y cumplimiento*, vol. 11, n° 11, pp. 11-1580, 2023.
- [13] H. H. Roth, I. M. Kane y E. S. Teltscher, de *Electrical safety in health care facilities*, New York, Academic Press, 2018.
- [14] «Organización Mundial de la Salud (WHO), "Medical equipment maintenance programme overview",» [En línea]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031830>. [Último acceso: 14 junio 2025].
- [15] Tecnologías RAM, «TAM Technologies,» 2025. [En línea]. Available: <https://ramtechno.com/over-temperature-protection-for-medical-devices/>. [Último acceso: 6 julio 2025].