



Universidad Popular
Autónoma del Estado
de Puebla

TESIS

Tema:

IMPORTANCIA DEL TABLERO DE AISLAMIENTO
EN LAS AREAS CRITICAS HOSPITALARIAS.
CASO PRACTICO "HOSPITAL ALTA ESPECIALIDAD
DR. JUAN GRAHAM CASASUS".

Presenta: Moisés Frey Olán

Para obtener el grado en:

Maestría en Ciencias de la Ingeniería Biomédica

Director de Tesis. –

Dr. Aurelio Horacio Heredia Jiménez

Puebla, Puebla

3 de Enero de 2023



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

“Primeramente dar Gracias al Creador por darme la vida y cada una de sus bendiciones que derrama sobre mi familia y sobre cada una de las personas que hicieron posible que hoy, este aquí, por permitir que pueda compartir con mi familia y amigos momentos especiales que quedarán en el recuerdo por siempre”.

“A mi adorada esposa, señora Yesenia Martínez de Frey, por ayudarme e impulsarme cada día a superarme, gracias por darme la fuerza para seguir adelante, pero sobre todo gracias por tantos años de paciencia y dedicación”.

“A mi director de tesis, Dr. Aurelio Horacio Heredia Jiménez por el apoyo, esfuerzo y dedicación, quien, con su experiencia, paciencia y motivación, ha logrado que pueda terminar con éxito este trabajo”.

“A mis maestros por transmitirnos sus experiencias y técnicas profesionales, pero sobre todo por darnos la formación como personas profesionales”.

“Agradecimiento especial al Ing. Saúl Treviño García, por sus consejos profesionales y tantos años de experiencia, que amablemente a compartido conmigo y con cada profesionista de la ingeniería, y uno de los pioneros de la ingeniería biomédica en este país; muchas gracias”.

“A la Universidad Popular del Estado de Puebla, por ofrecer esta maestría y muchos pudiéramos realizar estos estudios. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender estos conocimientos”.

Índice general

Capítulo I.- Criterios a considerar para la protección eléctrica en área de quirófanos y cuidados intensivos del hospital en estudio	11
I.1 Introducción.	11
I.1.1 Generalidades.....	11
I.1.2 Puesta a tierra.	12
I.1.3 Eficiencia de la puesta a tierra.....	14
I.2 Sistema eléctrico aislado.	15
I.2.1 Introducción.	15
I.2.2 Generalidades.....	16
I.2.2.1 Requisitos para diseñar un sistema aislado, con un Tablero de Aislamiento	17
I.2.2.2 Transformador de Aislamiento.	21
I.2.2.3 Monitor de aislamiento.	22
I.2.2.4 Dispositivos de protección.....	24
I.2.2.5 Barras de tierra o sistemas de puesta a tierra.	24
I.2.3 Tablero de aislamiento.	25
I.2.3.1 Cable de bajas fugas de corriente.....	26
I.2.4 Criterios para la Instalación del sistema.	27
I.2.5 Puesta en operación, pruebas y mantenimiento preventivo y correctivo.	30
I.2.6 Eficiencia en la operación del sistema con la incorporación de accesorios con tecnología de nueva generación.	39
Capítulo II.- Diseño del sistema aislado para la Unidad de Cuidados Intensivos Y Quirófano #1 en el Hospital de Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasús.	42
II.1 Introducción.	42
II.2 Diseño del sistema aislado para unidades de cuidados intensivos (UCI).	43
II.3 Diseño del sistema aislado para Quirófano.....	52
II.4 Pruebas y Evaluación.....	56
II.5 Resultados del Diseño.	61
II.6 Costos del proyecto.....	62
Capítulo III.- Conclusión y recomendaciones	64
III.1 Conclusión.	64
III.2 Recomendaciones.	65
Glosario.....	67
Referencias bibliográficas.	69
Anexos.....	70

Índice de tablas

Tabla 1. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipo. Fuente: NOM-001-SEDE-2012.	14
Tabla 2. Distribución de Interruptores secundarios en el Tablero de Aislamiento.	19
Tabla 3. Funciones de cada componente dentro del sistema aislado de puesta a tierra. Fuente: Formulación de Criterios de diseño para Sistema Aislado de Tierra con localizador de fallas para unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía. Revista Tekhne 2014. vol. 11 No. 2-5-26. Carlos Castañeda & Leandro Rondón.	25
Tabla 4. Identificación de líneas, de acuerdo a color.	28
Tabla 5. Cuantificación de material recomendado para la instalación.	30
Tabla 6. Datos obtenidos en la medición.	34
Tabla 7. Datos de la medición "Punto a Punto".	36
Tabla 8. Promedio de acuerdo a mediciones.	37
Tabla 9. Datos de mediciones, de la prueba a equipos fijos y móviles.	38
Tabla 10. Cuadro de cargas, cubículo Unidad de Cuidados Intensivos. (la potencia y la corriente son datos de placa del equipo).....	45
Tabla 11. Características del transformador de aislamiento de acuerdo a la normativa internacional, nacional y especificaciones de los fabricantes.	45
Tabla 12. Ampacidades permisibles en conductores aislados hasta 2000 volts y 60 a 90°C: No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados basados en una temperatura de 30°C. Fuente: NOM-001-SEDE-2012, TABLA 310-15(b)(16).....	47
Tabla 13. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. Fuente: NOM-001-SEDE-2012. Tabla. 250-66.	48
Tabla 14. Resistencia y Reactancia de corriente alterna para los cables para 600V, 3 fases a 60 HZ y 75°C. Tres conductores individuales en un tubo Conduit. Fuente: Cap. 10, Tabla 9 NOM-001-SEDE-2012.	49
Tabla 15. Cuadro de cargas quirófono, levantamiento efectuado en campo.	53
Tabla 16. Valores medidos de Impedancia en el sistema.	58
Tabla 17. Indicadores de prueba de emergencia en el sistema.	58
Tabla 18. Tensiones de línea, prueba 1.	59
Tabla 19. Prueba de cortocircuito, línea 1.	59
Tabla 20. Tensiones de línea, prueba 2.	60
Tabla 21. Prueba de cortocircuito, línea 2.	60

Índice de figuras

Figura 1. Constitución de un sistema de puesta a tierra. Fuente: Puesta a Tierra. Instalaciones Eléctricas Hospitalarias. A, Orostegui. 1998.	12
Figura 2. Trayectoria de las corrientes de fuga en paciente Fuente: Boletín Schneider Electric. Sistema aislamiento para hospitales. 2002.	12
Figura 3. Puesta a tierra e interconexión en la vecindad del paciente de cuidados críticos. Fuente: Puesta a tierra. Instalaciones eléctricas hospitalarias. A, Orostegui. 1998.	14
Figura 4. Comparación de un sistema eléctrico puesto a tierra y un sistema eléctrico aislado con puesta a tierra local.	15
Figura 5. Rango de los umbrales de las corrientes de percepción y de pérdida de control. Fuente: Medical Instrumentation. J. Webster. 1992.	16
Figura 6. (a) (b) y (c). En todos los casos se observa que la corriente de fuga no sobrepasa el límite de percepción mínimo de 6 mA.	17
Figura 7. Sistema de distribución de energía aislado de puesta a tierra y puntos asociados de conexión a tierra y de enlace. Fuente: Normas de Diseño de Ingeniería, Instalaciones Eléctricas Capítulo 5: Fundamentos y Consideraciones para la selección de Tablero de Aislamiento.	18
Figura 8. Ubicación de tablero de aislamiento y módulos de receptáculos en quirófano. Fuente: Sistema de Aislamiento para hospitales. Boletín Schneider Electric.	19
Figura 9. Sistema de puesta a tierra tipo en las salas de Operación, todos los puntos de tierra están al mismo potencial. Fuente: Sistema de Aislamiento para hospitales. Boletín Schneider Electric.	20
Figura 10. Esquema de conexión de un transformador común y un transformador de aislamiento. Fuente: Grupo ORS (Consultores Eléctricos Especializados) www.grupoors.com.mx	21
Figura 11. Transformador de aislamiento para hospitales. Fuente: Grupo ORS (Consultores Eléctricos Especializados). www.grupoors.com.mx	22
Figura 12. Características de Monitor de aislamiento. Fuente: Catalogo Dwppon Elektric, línea Médica.	23
Figura 13. (a) (b). Fuente: Catalogo Dwppon Elektric, línea Médica.	23
Figura 14. Interconexión Monitor de Aislamiento de Línea. Diseño de Quirófanos.	24
Figura 15. Componentes del tablero de aislamiento y tablero de aislamiento físico con control de circuitos. Fuente: Tablero de aislamiento para hospitales. Dwppon Elektric.	26
Figura 16. (a) y (b) Conexión de conductores en tablero y diagrama de cableado en contactos. Fuente: Dwppon Elektric, línea médica 2017.	28
Figura 17. Canalización de circuitos derivados. Fuente: Dwppon Elektric línea médica.	29
Figura 18. Localización de componentes del Sistema Eléctrico Aislado. Fuente: Dwppon Elektric, línea médica.	30
Figura 19. (a) medición de voltaje entre líneas (L1 y L2) y (b) medición de corriente L1 y L2 a tierra. Se toman 3 valores para observar cómo afecta el valor de la resistencia.	31
Figura 20. (a) y (b) medición correcta e incorrecta de la corriente de fuga en el LIM.	32
Figura 21. A través del LT-300 se inyecta una corriente menor a 3.7mA para asegurarnos que el monitor no se alarme, se inyecta la corriente entre L1 y tierra y después para L-2 y tierra.	32
Figura 22. A través del LT-300 se inyecta una corriente igual o mayor a 5mA para asegurarnos que el monitor se alarme, se inyecta la corriente entre L1 y tierra y después para L-2 y tierra.	32
Figura 23. Equipo para efectuar prueba de GFCI.	33
Figura 24. A través del LT-300 Se inyecta una corriente de al menos 5 mA, el interruptor del GFCI tendrá que activarse.	33
Figura 25. Equipo para efectuar prueba a elementos del SEA.	33
Figura 26. Pruebas a elementos del SEA.	33
Figura 27. La resistencia entre la terminal de tierra del tablero y la terminal para conexión a tierra de los receptáculos instalados dentro de la vecindad del paciente sea de 0.1 Ohms.	34
Figura 28. Probador de polaridad.	34
Figura 29. La polaridad de las conexiones en los contactos, tengan la misma secuencia.	35
Figura 30. Probador de fuerza de retención.	35
Figura 31. Pruebas de polaridad y retención.	35
Figura 32. Que la corriente de fuga del equipo médico fijo (Lámpara, Negatoscopio, etc.) no exceda de 5 mA.	35
Figura 33. Medición "Punto a Punto".	36
Figura 34. Megohmetro (Megger) UEI IRT20.	36
Figura 35. Rango de piso conductivo y disipativo.	36

Figura 36. Pruebas realizadas en: Alrededor de la mesa quirúrgica; Cabeza; Lateral izquierdo, Lateral derecho, y Pies.	37
Figura 37. Multímetro- opción de continuidad.	37
Figura 38. (a) y (b), Pruebas de continuidad eléctrica, mismo punto equipotencial de tierra.	37
Figura 39. Para esta prueba se recomienda un multímetro que sea de alta precisión y una resolución de μA . Mod. ESA609.	38
Figura 40. Pruebas a equipos fijos y móviles.	38
Figura 41. Características técnicas del equipo.	38
Figura 42. Multímetro y Resistencias o Potenciómetro, que rondan los 20 K Ω y 30 K Ω .	39
Figura 43. Ejecución de la prueba.	39
Figura 44. Como monitorear muchos equipos a la vez.	39
Figura 45. Monitor en tiempo real de equipo, con la implementación del módulo de monitoreo con 46IP (Bender).	40
Figura 46. (a) Detector de fallas por circuito y (b) funcionamiento del sistema, localizando la falla.	40
Figura 47. Sobrecarga por la cantidad de equipos.	41
Figura 48. (a) monitoreo contante de cada uno de los circuitos, (b) ventana de medición, monitoreo de carga.	41
Figura 49. Sistema Eléctrico esencial ramal crítico. Fuente: Propia.	42
Figura 50. Sistema Eléctrico Esencial.	43
Figura 51. Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasús.	44
Figura 52. Disposición arquitectónica y distribución eléctrica.	44
Figura 53. Diagrama unifilar del Tablero General de la Unidad de Cuidados Intensivos.	50
Figura 54. Diagrama de conexiones del tablero de aislamiento para un Cubículo de la Unidad de Cuidados Intensivos.	51
Figura 55. Diagrama Unifilar de la sala de cirugía.	55
Figura 56. Plano Eléctrico del quirófano; obsérvese la ubicación del Tablero de aislamiento.	55
Figura 57. Prototipo del sistema, para uci y para quirófano, diferencia entre ambos es la capacidad del transformador de aislamiento, todo el accesorio será alojado en el gabinete del tablero de aislamiento.	57
Figura 58. Catálogo de conceptos, de acuerdo al levantamiento físico, de una Unidad de Cuidados Intensivos.	62
Figura 59. Catálogo de conceptos, de acuerdo al levantamiento físico, de una Unidad de Quirófano.	63

Declaratoria

“Declaro que el material incluido en este proyecto de titulación, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en esta u otra institución. El autor otorga su consentimiento a la UPAEP para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

Abreviaturas

UPS.- Fuente de Poder Ininterrumpible.

BE.- Barra Equipotencial.

cm.- Centímetro.

kVa.- Kilovoltiamperios.

KΩ.- Kilo Ohm.

mA.- Miliampere.

Rms.- Valor Eficaz de corriente.

°C.- Grados centígrados.

db.- decibeles.

CA.- Corriente Alterna.

THW.- Cable aislado con PVC para 90 °C en ambientes secos y 75 °C en húmedos, 600V.

THWN.- Cable con cubierta de nylon, resistente a la humedad, aceites e hidrocarburos, 75 °C en ambientes húmedos, 600V.

XLPE.- Cable de Aislamiento o chaqueta de polietileno reticulado.

XHHW-2.- Cable de Polietileno reticulado Alta resistencia al calor Resistente al agua.

Ft.- Pie.

UCI.- Unidad de Cuidados Intensivos.

RHW.- Cable con aislamiento y cubierta de hules sintéticos para 75 °C en ambiente seco y húmedo.

PVC.- Policloruro de vinilo.

LIM.- Monitor de aislamiento de línea

Z.- Impedancia capacitiva.

GFCI.- Interruptores con Detección de Falla a Tierra.

mV.- mili Volts.

SEA.- Sistema Eléctrico Aislado.

NFPA.- Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

F.P.- Factor de potencia.

Amp.- Ampere (unidad de intensidad de corriente eléctrica).

m.- Metro (unidad de medida).

VAC.- Voltaje de corriente alterna.

VA.- Voltios-amperios.

s.- Segundos.

LCD.- Pantalla de cristal líquido.

LEDs.- Diodo emisor de luz.

M.N.- Moneda Nacional.

U.S.D.- Dólar estadounidense.

Resumen.

En las instalaciones hospitalarias, es difícil prevenir la aparición de trayectorias conductivas o capacitivas entre el cuerpo de un paciente y algún objeto puesto a tierra, porque esta trayectoria podría establecerse accidentalmente a través de los instrumentos conectados directamente al paciente, además cualquier superficie conductora de electricidad que eventualmente entre en contacto con él paciente o los aparatos a él conectados, son posibles fuentes de corrientes eléctricas que circularán por su cuerpo. El peligro es mayor a medida que aumenta el número de equipos médicos que son usados en el paciente, y por lo tanto es indispensable intensificar las precauciones.

Esta investigación define los riesgos eléctricos en las Áreas críticas, concretamente en la Unidad de Cuidados Intensivos y en el Quirófano #1 del **Hospital de Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasus, ubicado en la Ciudad de Villahermosa Tabasco**, se propone un método de protección eléctrica a través de un **tablero de aislamiento** para protección del pacientes, abordando los parámetros que generan los efectos fisiológicos en el cuerpo, y específicamente en el corazón humano; debido a las corrientes de fuga que se presentan en los equipo electromédicos, empleados en una cirugía.

Se presentan los criterios de diseño eléctrico para el método de protección propuesto, para que mediante el análisis cuantitativo de los riesgos eléctricos por el uso del equipo electromédico en las Áreas críticas (unidades de cuidados intensivos y quirófano # 1) del **Hospital Dr. Juan Graham Casasus**; se realice el diseño del sistema aislado, a través de la implementación de un **tablero de aislamiento (como equipo electromédico de soporte de vida)**; y que éste, de solución a los problemas que se presentan por corrientes de fuga generadas por equipos electromédicos y fallas de aislamiento, que pueden llegar a causar fibrilación, quemaduras e incluso la muerte al paciente y personal médico del hospital; esto es analizado en el capítulo I.

Con base en el análisis anterior, en el capítulo II, se establece la conformación de un sistema aislado, compuesto principalmente por un transformador de aislamiento, y un monitor de aislamiento de línea, incorporando como accesorio el **tablero de aislamiento** equipado con un localizador de fallas, monitor de carga en tiempo real y analizador de redes. A partir del diseño de un prototipo y la realización de pruebas eléctricas, se verifica la capacidad del sistema de minimizar las corrientes de fuga y la protección en condiciones de falla, además se indica el costo total de la implementación del sistema en el área crítica ya mencionada. En el capítulo III, se concluye con la importancia de contar con el **tablero de aislamiento** que garantice la seguridad eléctrica en unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía del hospital en estudio, así como las recomendaciones para el uso y conservación del sistema.

Palabras claves: Sistema Aislado; Puesta a tierra, Riesgo Eléctrico; Área crítica; Protección eléctrica; Equipo biomédico; Hospital.

Abstract.

In hospital facilities, it is difficult to prevent the appearance of conductive or capacitive paths between a patient's body and some grounded object, because this path could be accidentally established through instruments connected directly to the patient, as well as any electrically conductive surface. that eventually comes into contact with the patient or the devices connected to it, are possible sources of electrical currents that will circulate through their body. The danger is greater as the number of medical equipment used on the patient increases, and therefore it is essential to intensify precautions.

This research defines the electrical risks in critical areas, specifically in the Intensive Care Unit and in the Operating Room #1 of the **High Specialty Hospital Dr. Juan Graham Casasus, located in the City of Villahermosa Tabasco**, a method of electrical protection is proposed to through an **isolation board** for patient protection, addressing the parameters that generate physiological effects in the body, and specifically in the human heart; due to leakage currents that occur in electromedical equipment used in surgery.

The electrical design criteria for the proposed protection method are also presented, so that through the quantitative analysis of the electrical risks due to the use of electromedical equipment in the critical areas (intensive care units and operating room # 1) of the **Hospital Dr. Juan Graham Casasus**; the design of the isolated system is carried out, through the implementation of an **isolation board (such as life support electromedical equipment)**; and that it provides a solution to the problems that arise due to leakage currents generated by electromedical equipment and insulation failures, which can cause fibrillation, burns and even death to patients and medical personnel of the hospital; this is analyzed in chapter I.

Based on the previous analysis, in chapter II, the conformation of an isolated system is established, mainly composed of an isolation transformer, and a line isolation monitor, incorporating as an accessory the **isolation board** equipped with a fault locator, real-time load monitor and network analyzer. From the design of a prototype and the performance of electrical tests, the capacity of the system to minimize leakage currents and protection in fault conditions is verified, in addition the total cost of the implementation of the system in the critical area is indicated, mentioned. Chapter III concludes with the importance of having the **insulation board** that guarantees electrical safety in intensive care units and surgery rooms of the hospital under study, as well as the recommendations for the use and conservation of the system.

Keywords: Isolated system; Grounding, Electrical Risk; critical area; Electrical protection; biomedical equipment; Hospital.

Capítulo I.- Criterios a considerar para la protección eléctrica en área de quirófanos y cuidados intensivos del hospital en estudio

I.1 Introducción.

Las instalaciones de atención de la salud son unos de los espacios más frecuentados por el ser humano y en donde se expone más al choque de corriente eléctrica son los hospitales. Como prueba de esto son las múltiples historias conocidas en donde sin razón aparente un paciente fallece en quirófano; por lo que es difícil impedir la incidencia de una trayectoria conductora resistiva o capacitiva desde el cuerpo del paciente a cualquier objeto puesto a tierra, porque esa trayectoria puede establecerse accidentalmente o a través de personas, instrumentos directamente conectados al paciente y otras superficies eléctricamente conductoras con las que pueda tener el paciente contacto adicional. Los instrumentos, dispositivos, equipos y aparatos que se conectan al paciente, se convierten entonces en posibles fuentes de corriente eléctrica que pudiera pasar a través de su cuerpo. El peligro se incrementa al asociar más equipos o dispositivos con el paciente y, por tanto, se necesitan incrementar las precauciones. Existen métodos para el control a niveles tolerables de las corrientes de fuga y de las descargas eléctricas capacitivas, uno de los métodos requiere limitar el flujo de corriente eléctrica que pudiera recorrer un circuito eléctrico que involucre el cuerpo del paciente, con el aumento de la resistencia del circuito conductor mediante el aislamiento de las superficies expuestas, el otro método consiste en la reducción a niveles también tolerables de la diferencia de potencial que pueda aparecer entre las superficies conductoras expuestas en la vecindad del paciente o por una combinación de los dos métodos mencionados. Se presenta un problema especial con el paciente en una trayectoria conductora directa desde el exterior hasta el músculo del corazón. En este caso, el paciente puede resultar electrocutado por niveles de tensión y corriente eléctrica tan bajos que se requiere protección adicional en el diseño de la instalación eléctrica de aparatos, equipos o dispositivos electromédicos, del aislamiento de los catéteres y en el control de la práctica médica.

Sabemos que en un quirófano, la salud del paciente está disminuida, y con frecuencia hay flujo sanguíneo, estos factores son catalizadores para dañar a una persona ante el paso de una corriente de fuga, por lo tanto, este tipo de paciente se encuentra vulnerable a sufrir un accidente eléctrico; de la misma forma, se podría ejemplificar a un paciente que se encuentre en cuidados intensivos, que, debido al contacto directo con equipos médicos, y al deterioro físico que éste puede presentar, se predispone a recibir una descarga eléctrica que puede provocarle la muerte. Es por ello que a los pacientes que se encuentran bajo condiciones de riesgo, ya sea que éstos entren en contacto directo con los equipos, o que sean sujetos de procedimientos invasivos, (cateterismo cardíaco), es necesario brindarles la protección eléctrica adecuada entorno al ambiente en el que se encuentran.

En este capítulo se establecen los criterios para la conformación de un sistema aislado, en la unidad de cuidados intensivos y el quirófano #1 del hospital en estudio; compuesto principalmente por un transformador de aislamiento, un monitor de aislamiento de línea y un localizador de fallas. A partir del diseño e incorporación de un **tablero de aislamiento**, y la realización de pruebas eléctricas, se verifica la capacidad que tiene el sistema de minimizar las corrientes de fuga y protegerlo en condiciones de falla.

I.1.1 Generalidades.

Los requerimientos que se detallan en este capítulo, están basados en la Norma Oficial Mexicana (NOM-SEDE-001-2012), la cual, exige que todas las partes metálicas de los equipos eléctricos y electrónicos sean conectadas a tierra, así como el neutro de sus fuentes de suministro (tableros principales, neutros del secundario de transformadores derivados separadamente, UPS o fuentes ininterrumpidas de tensión, generadores, etc.) Ver Figura 1.

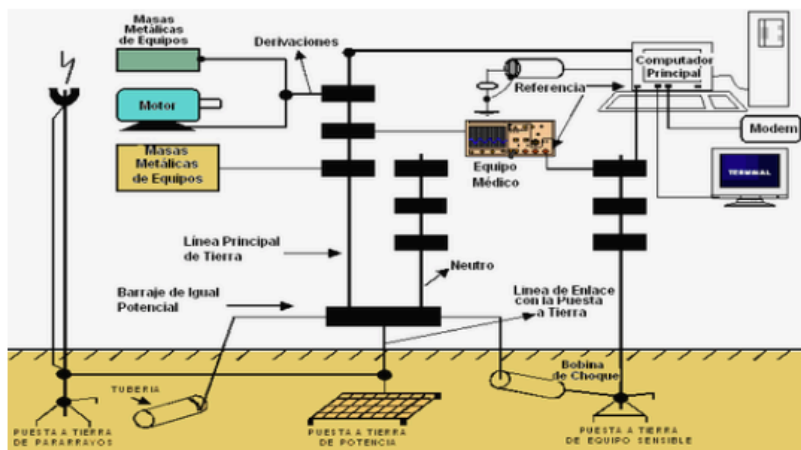


Figura 1. Constitución de un sistema de puesta a tierra. Fuente: Puesta a Tierra. Instalaciones Eléctricas Hospitalarias. A, Orstegui. 1998.

I.1.2 Puesta a tierra.

La puesta a tierra en lugares de cuidados críticos del paciente, es una salvaguarda importante en contra del choque y la electrocución. La puesta a tierra adecuada disipa las *cargas estáticas** y desvía las corrientes de falla y las corrientes de fuga normales lejos del personal médico que atiende al paciente. Estos sistemas tratan de suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos o de impedir los contactos simultáneos entre tierras y elementos conductores cuando pueda haber una tensión peligrosa.

El equipo eléctrico operando alrededor del paciente, aun cuando trabaje perfectamente, puede ser un riesgo para él, debido a que cada pieza de equipo eléctrico produce una corriente de fuga. La fuga consiste en cualquier corriente, incluyendo la corriente acoplada capacitivamente, que no es para aplicarse al paciente, pero la cual podría pasar desde las partes metálicas expuestas de un aparato hacia tierra o hacia otra parte accesible de un aparato. Sin el uso adecuado de la puesta a tierra, las corrientes de fuga pueden alcanzar valores de 1,000 microamperes antes de que se perciba el problema. Por otro lado, una corriente de fuga de 10 a 180 microamperes puede lesionar al paciente, ya que puede ocurrir la fibrilación ventricular ante la exposición a estas corrientes. Debido a que la resistencia del conductor de puesta a tierra es extremadamente importante, se debe considerar cuidadosamente.

La Figura 2, ilustra las trayectorias para las corrientes de fuga que se podrían desarrollar en una cama de pacientes operada eléctricamente. Ya que el paciente proporciona una trayectoria hacia tierra a través del personal que lo atiende y el marcapasos, se presenta un divisor de corriente. Sin embargo, la resistencia a través del conductor de tierra del cable de energía es significativamente menor, dándole protección al paciente. No obstante, si el cable de tierra se rompe, la mayor parte de la corriente fluiría a través del paciente. En este ejemplo, suponemos que se usan cables de monitoreo del paciente no aislados.

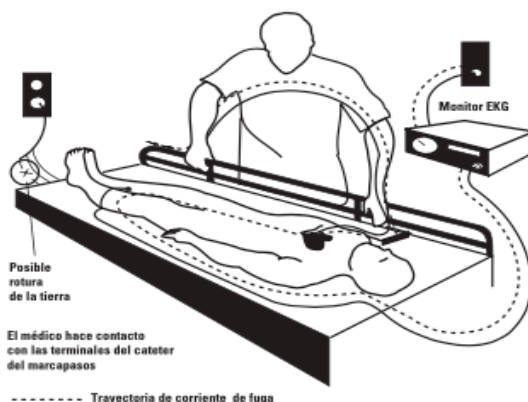


Figura 2. Trayectoria de las corrientes de fuga en paciente Fuente: Boletín Schneider Electric. Sistema aislamiento para hospitales. 2002.

* Ver definición en el Glosario

A continuación, se enuncian las más importantes exigencias que se deben tener en cuenta en las puestas a tierras hospitalarias:

- Redundantes. El principal criterio sobre tierras para hospitales que las hace diferentes a otras instalaciones es el de construirlas *redundantes**.
- El Neutro. Debe conectarse en uno y sólo un punto, en el transformador y antes de cualquier medio de desconexión o dispositivo de protección. Este punto debe ser con una barra equipotencial (BE) de cobre de 3"x1/4"x60 cm; el conector que une los electrodos con el BE debe ser aislado y de color verde o verde-amarillo.
- A su vez la carcasa del transformador o de un equipo, el neutro y el cable principal de tierra deben estar puesto a tierra siempre, sin seccionamientos ni posibilidad de daño.
- Los Electrodo de Puesta a Tierra deben estar tan cerca como la práctica lo permita de la conexión al neutro del sistema. Preferentemente deben emplearse varillas de cobre sólido de 5/8" x 3 m como mínimo, enterradas verticalmente.
- Malla de Puesta a Tierra. Debe tener por lo menos una caja de inspección de 30 x 30 cm con tapa fácil de levantar de acuerdo con el diseño de la malla.
- Partes metálicas. Las tuberías metálicas subterráneas, la estructura metálica del edificio, los apantallamientos, en el caso que los hubiera, deben unirse entre sí y conectarse al sistema de puesta a tierra en la BE. Los ductos, las bandejas para cableado y las cajas para salidas tienen que unirse rígidamente a la fuente del sistema, si éste es alimentado en forma separada. Además, los ductos metálicos, los gabinetes, las estructuras y demás partes metálicas del equipo eléctrico, no portadoras de corriente, deben mantenerse a una distancia mayor de 1.8 metros de los bajantes de *pararrayos** o de la distancia calculada como segura. Si no es así deberían unirse rígidamente entre sí.
- Cables. Los *cables tipo MC** y *MI** deben tener una pantalla o armadura metálica exterior válida como trayectoria de tierra. Con esto se busca que los circuitos parciales que alimentan las áreas de cuidado de pacientes dispongan de una trayectoria a tierra redundante* a través de un ducto o cable metálico. Esta trayectoria es adicional a la que se tiene mediante el conductor de puesta a tierra.
- Tomacorrientes y equipos eléctricos fijos. En los lugares usados para el cuidado de pacientes, todos los tomacorrientes y las superficies conductivas (metálicas) de los equipos fijos, los cuales transportan corriente, pero que pueden estar energizados operando con tensión mayor a 100 Voltios y que estén al alcance de las personas, deben ser puestos a tierra por medio de un conductor de cobre aislado, cuyo calibre debe estar de acuerdo con la Tabla 1, instalado junto con los conductores del circuito ramal que alimenta estos tomacorrientes o equipos.
- Equipos conectados por medio de cable y tomas. Deben ser puestas a tierra las partes conductivas descubiertas, que transporten corriente, de equipos conectados por medio de cable y tomas, y que sean usados en áreas de cuidado de pacientes y operen con tensiones mayores a 100 Volts.

* Ver definición en el Glosario

Capacidad nominal de la protección en amperios	Calibres de conductores de cobre		Capacidad de corriente en falla *	Factor K **	Sobrecarga Permitida	Capacidad según tabla 310-16 ***
	AWG	kcmil				
20	12	3530	155	7,7	125%	25
30	10	1038	246	8,2	117%	35
40	10	10380	246	6,1	88%	35
60	10	10380	246	4,1	58%	35
100	8	16510	391	3,9	50%	50
200	6	26240	621	3,1	33%	65
400	3	52620	1.245	3,1	25%	100
600	1	83690	1.981	3,3	22%	130
800	1/0	105600	2.499	3,1	19%	150
1000	2/0	133100	3.150	3,2	18%	175
1200	3/0	167800	3.972	3,3	17%	200
1600	4/0	211600	5.008	3,1	14%	23
2000	250 kcmil	250000	5.917	3,0	13%	255
2500	350 kcmil	350000	8.284	3,3	12%	310
3000	400 kcmil	400000	9.467	3,2	11%	335
4000	500 kcmil	500000	11.834	3,0	10%	380
5000	700 kcmil	700000	16.568	3,3	9%	460
6000	800 kcmil	800000	18.935	3,2	8%	490

* Un amperio por cada 42,25 circular mil por cinco segundos.
** FACTOR K: Para calcular la capacidad de corriente en falla.
*** Basada en 75o C para conductores de cobre.

Tabla 1. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipo. Fuente: NOM-001-SEDE-2012.

I.1.3 Eficiencia de la puesta a tierra.

En las áreas de atención crítica; como las unidades de cuidados intensivos (UCI), quirifano y áreas similares en las cuales los pacientes son sometidos a procesos invasivos y conectados a aparatos electromédicos alimentados por la red; la puesta a tierra sera eficiente cuando cualquiera de las superficies conductoras descubiertas en la vecindad del paciente que está en áreas de cuidado crítico, no sobrepase los 20 mV, medidos a través de una resistencia de 1000 ohms. En consecuencia, la *impedancia** límite entre dos superficies (eléctricamente conductoras) expuestas sea de 0.2 ohms.

Una buena conexión a tierra es esencial para una buena calidad y seguridad de la energía en cualquier centro de salud

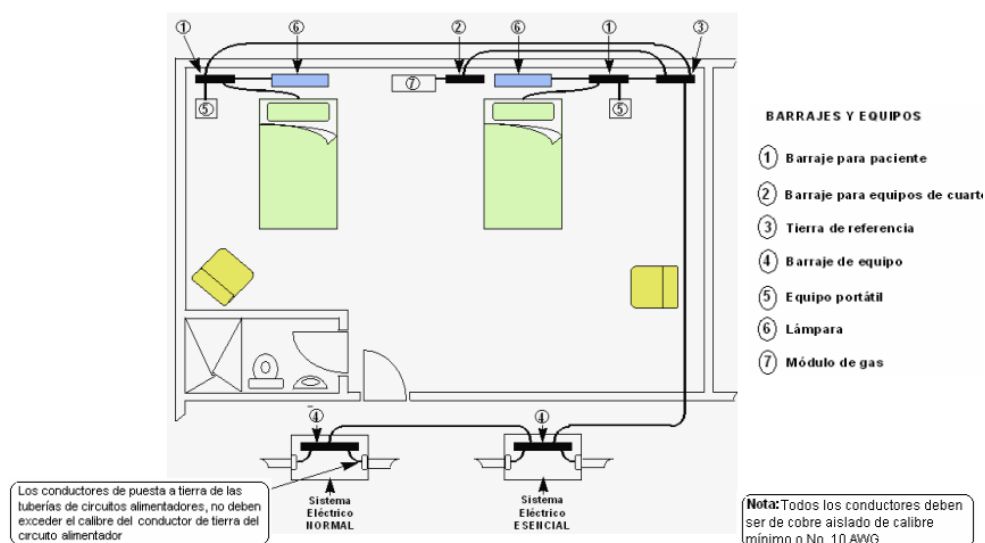


Figura 3. Puesta a tierra e interconexión en la vecindad del paciente de cuidados críticos. Fuente: Puesta a tierra. Instalaciones eléctricas hospitalarias. A, Orstegui. 1998.

I.2 Sistema eléctrico aislado.

I.2.1 Introducción.

Aunque los equipos estén bien conectados a tierra, pueden existir otras descargas debido al contacto accidental de algún cable eléctrico o falla de la conexión a tierra. Por ello, se requieren sistemas que aislen eléctricamente la red eléctrica del paciente y de esta forma se rompa el *bucle de corriente** y se minimicen los peligros de descarga. Estos sistemas tratan de suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos o de impedir los contactos simultáneos entre tierras y elementos conductores cuando pueda haber una tensión peligrosa.

Es por ello que en las instituciones de asistencia médica, se debe contar con sistemas aislados que permitan mantener de forma continua el suministro eléctrico, aún en condiciones de falla a tierra, especialmente en las áreas críticas (Unidades de Cuidados Intensivos, salas de cirugía, entre otros), donde el suministro de energía eléctrica, es vital para mantener con vida a pacientes sujetos a cuidados médicos y/o procedimientos quirúrgicos. El sistema aislado debe minimizar las corrientes de fuga provenientes de la red pública, de los equipos electromédicos y fallas en la instalación eléctrica, que puedan afectar directamente a los pacientes que están expuestos a estos equipos¹, además debe garantizar la máxima seguridad frente a fallas del sistema eléctrico, principalmente en las áreas de cuidados críticos, en las cuales se manejan equipos eléctricos médicos que operan en contacto directo con el paciente; es menester entonces emplear tableros de distribución de circuitos eléctricos especiales (**tablero de aislamiento**), que proporcionen un sistema aislado confiable, compuesto principalmente por un transformador de aislamiento (Ver Figura 4).

Hay varias razones importantes por las que se debe instalar un sistema aislado. Pero la razón más importante es garantizar la seguridad del paciente ya que este es el ser más vulnerable y alrededor y conectados a él se encuentran operando equipos eléctricos (electromédicos) que, aunque trabajen perfectamente bien, puede ser peligroso debido a las corrientes de fuga que producen estos equipos. Las razones secundarias incluyen la protección de estructuras y equipos contra el contacto no intencional con líneas eléctricas energizadas.

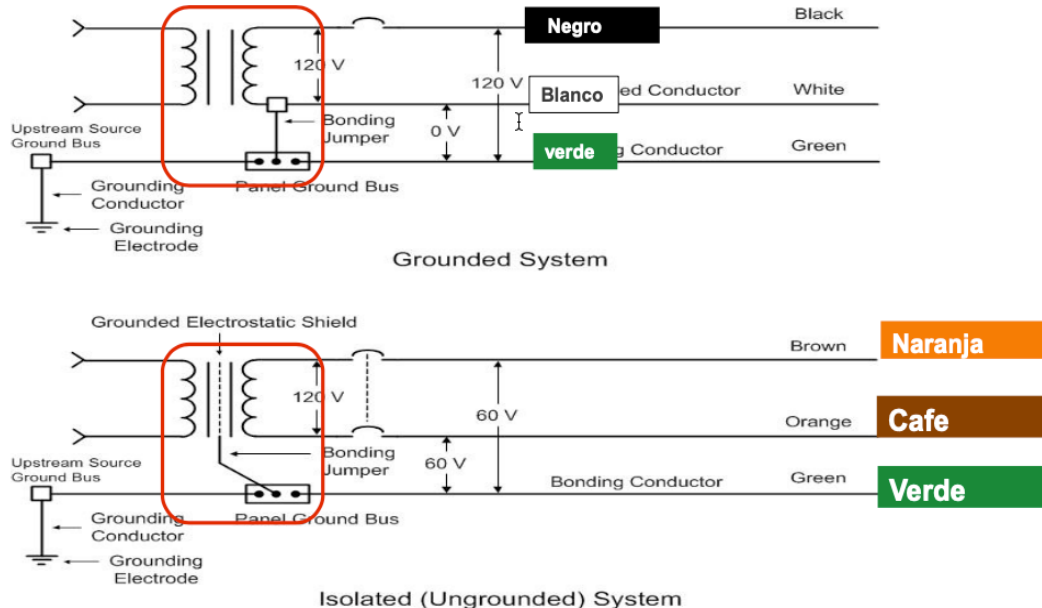


Figura 4. Comparación de un sistema eléctrico puesto a tierra y un sistema eléctrico aislado con puesta a tierra local.

¹ Fuente: Carlos, A., & Leandro, R. (2014). Formulación de criterios de diseño para sistema aislado de tierra con localizador de fallas para unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía. Tekhne (2, 5-26).

* Ver definición en el Glosario

El sistema está integrado por un transformador de aislamiento que debido al *aislamiento galvánico** que proporciona; al producirse un contacto indirecto (contacto con la tierra de un elemento en contacto accidental con la tensión) no existe circuito para el retorno de la corriente de contacto y por tanto el valor de la intensidad de la misma es cero; un monitor de aislamiento de líneas, dispositivos para desconexión y protección, envolventes y panel o tablero de los circuitos derivados no puestos a tierra.

I.2.2 Generalidades.

Como se indicó en párrafos anteriores el uso de la energía eléctrica en la medicina, es un auxiliar muy importante, sin embargo su uso representa un peligro potencial; como consecuencia de estos peligros la legislación actual (NOM-001-SEDE-2012, Art. 517), indica que se debe instalar un sistema de Distribución Aislado, el cual resuelve en gran medida los problemas de corrientes de fuga en todas sus manifestaciones, que habían venido presentándose proporcionando seguridad al paciente y al cuerpo médico contra posibles descargas eléctricas; debido a fallas en el aislamiento del sistema de distribución o de los equipos electromédicos.

Este sistema de distribución, se diseñará a partir de un panel de distribución denominado **Tablero de Aislamiento de Área Crítica** con una capacidad limitada de 10 KVA o menos, y se deben utilizar conductores con aislamiento de baja corriente eléctrica de fuga, para que una vez instalados y conectados todos los circuitos, la *impedancia resistiva** y *capacitiva** total a tierra sea mayor a 200 000 ohms, esto es de acuerdo al párrafo 7 del artículo 517-160 de la NOM-SEDE-001-2012 en la cual se establecen estos límites de impedancia a tierra para el sistema aislado y considerando que de acuerdo a la experiencia, que aun en las salas quirúrgicas más sofisticadas, la carga del equipo médico raramente es mayor a 5 KVA, por lo que se sugiere que al realizar el desarrollo de un proyecto de esta magnitud se especifique un transformador de aislamiento de 5 KVA de capacidad y que cuente con una capacidad de sobrecarga continua de 25 a 50%; de esta forma el transformador se diseñara para operar a una temperatura normal relativamente fría, pero será capaz de manejar las demandas futuras que excedan las normas actuales.

La normatividad indica que la impedancia resistiva debe ser mayor a 200 K Ω , debido a que la corriente en el sistema es inversamente proporcional a la resistencia, entonces para un circuito eléctrico común de 120 Volts, con una impedancia resistiva de a 200 K Ω , tendríamos:

$$I_f = \frac{120 V}{200 K\Omega} = 0.6 mA$$

Se observa, que el valor obtenido está de acuerdo a la Figura 5; rango de percepción mínima de la corriente de fuga, el monitor de aislamiento se calibra en 5 mA; valor dentro del rango umbral mínimo de percepción.

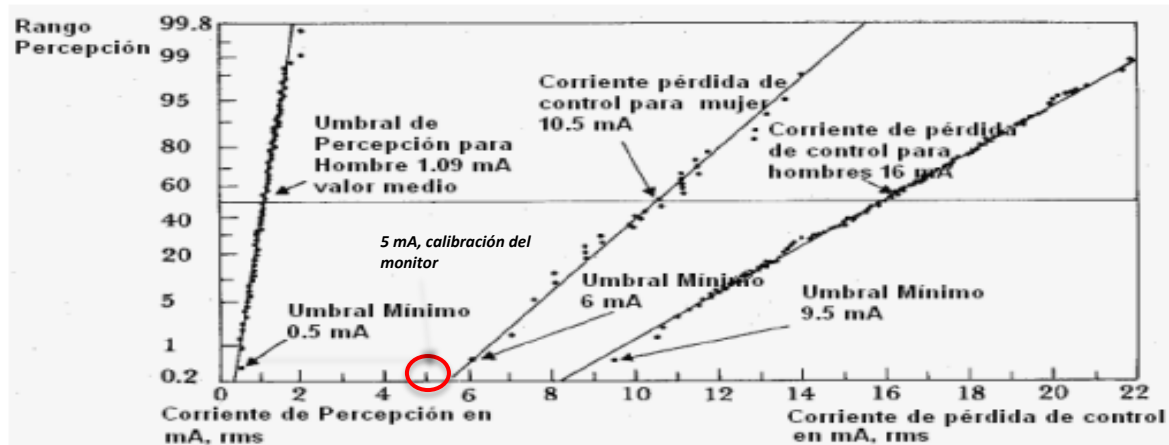


Figura 5. Rango de los umbrales de las corrientes de percepción y de pérdida de control. Fuente: Medical Instrumentation. J. Webster. 1992.

* Ver definición en el Glosario

Variabilidad del umbral de percepción y corriente de pérdida del control motor. En la Figura 5, se muestra la variabilidad del umbral de percepción y de la corriente de pérdida del control motor para hombres y mujeres. En la figura se indica el porcentaje de personas que perciben diferentes valores eficaces (Rms) de la corriente en miliamperios. Puede observarse que los datos obtenidos pueden interpolarse por una recta. Para los hombres, el valor medio del umbral de percepción es de 1.09 mA, para las mujeres, este valor medio se estima en 0.7 mA. Se observa que el valor mínimo de este umbral de percepción se sitúa en torno a 0.5 mA.

Es importante mencionar que el monitor de aislamiento instalado en el diseño del tablero de aislamiento se calibrara para una corriente de fuga de 5mA, (corriente de percepcion en mA rms, Fig 5) con el objetivo de que el dispositivo emita una alarma cuando se supere el límite de corriente de fuga en el sistema.

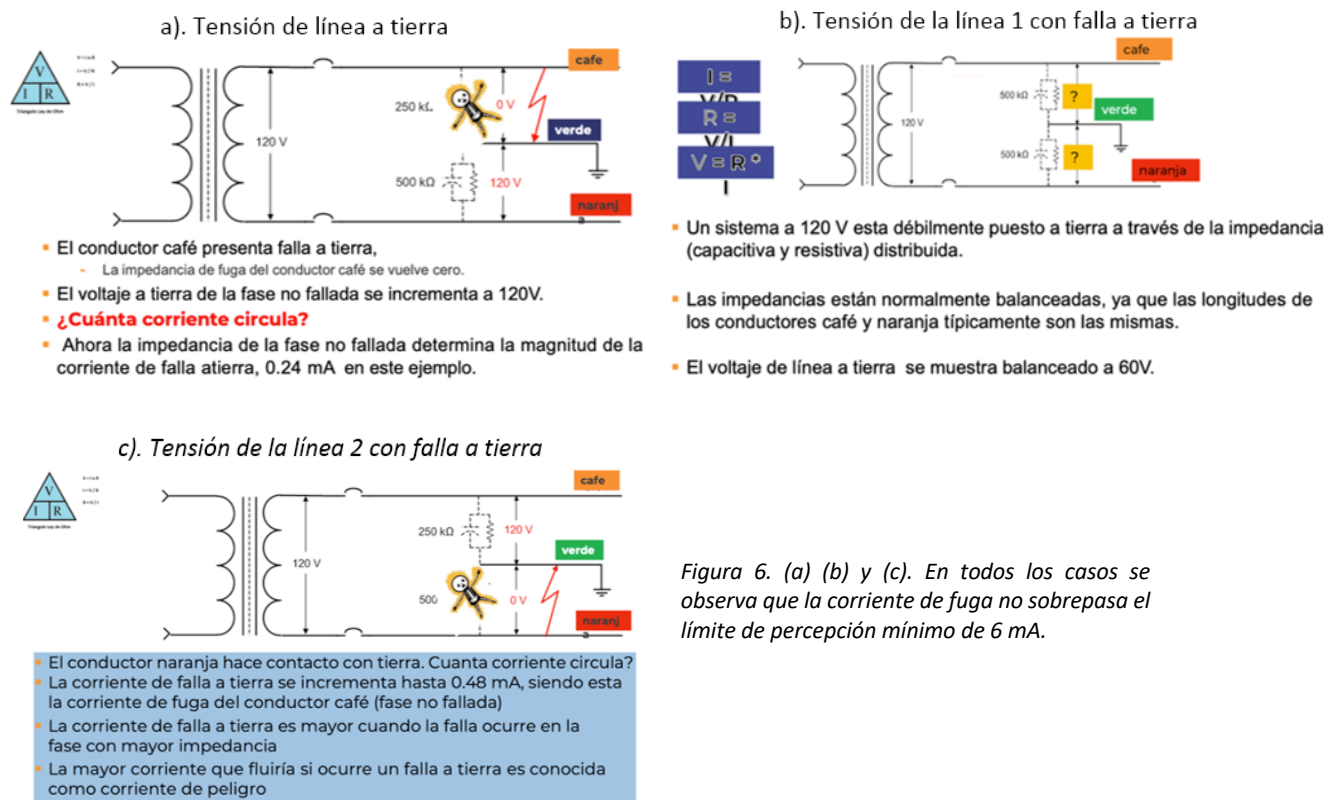


Figura 6. (a) (b) y (c). En todos los casos se observa que la corriente de fuga no sobrepasa el límite de percepción mínimo de 6 mA.

I.2.2.1 Requisitos para diseñar un sistema aislado, con un Tablero de Aislamiento

En el sistema convencional uno de los dos conductores de energía (el neutro) se conecta directamente a tierra en algún lugar del sistema de distribución de energía. En tanto en el sistema de energía aislada se elimina esta conexión. Ya que ningún conductor de la corriente es conectado a tierra, ya no se tiene una línea "viva" ni una "neutra", sino que ahora se denominan línea A y línea B, (Ver Figura 7). En este contexto, la corriente de cualquiera de las dos líneas solo puede regresar a su fuente a través de la otra línea.

En el sistema convencional, una vez que la persona ha hecho contacto con un conductor vivo todo lo que se necesita para tener un choque eléctrico es hacer contacto con cualquiera de las superficies a tierra, las cuales sobran en salas de operación y cuidados intensivos. Sin embargo, si la línea A o B del sistema de energía aislada y cualquiera de las superficies a tierra hacen contacto, el flujo de corriente se limitaría tanto por la resistencia de la piel como por la resistencia entre cada línea y la puesta a tierra, este aislamiento está integrado en el diseño de un transformador de aislamiento.

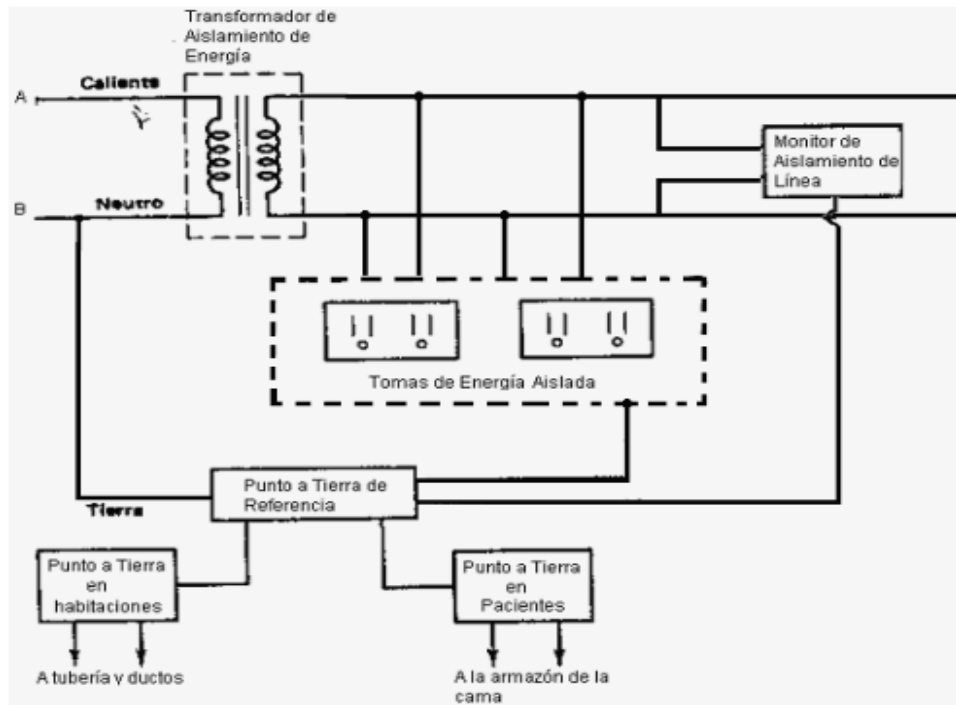


Figura 7. Sistema de distribución de energía aislado de puesta a tierra y puntos asociados de conexión a tierra y de enlace. Fuente: Normas de Diseño de Ingeniería, Instalaciones Eléctricas Capítulo 5: Fundamentos y Consideraciones para la selección de Tablero de Aislamiento.

Las líneas A y B en la Figura 7 se encuentran física y eléctricamente aisladas de tierra. Sin embargo, los transformadores de aislamiento no proporcionan un perfecto aislamiento, ya que fácilmente podemos convertir el sistema aislado en un sistema puesto a tierra ¿conectando?, Si; cuando un conductor secundario del transformador se conecta a tierra o que un equipo electromédico está conectado al sistema con la tierra intacta y se presenta una falla del propio equipo hacia su alojamiento puesto a tierra; esto crearía el potencial para que la corriente fluya desde el conductor hacia tierra, tal como sucedería en cualquier sistema de distribución eléctrica puesto a tierra.

Debemos tener muy en cuenta que no hay aisladores perfectos. Lo que comúnmente denominamos "aisladores", tales como los recubrimientos de hule o plástico de los conductores son realmente malos conductores. Por esto, todo lo que se conecte a los conductores secundarios de un transformador de aislamiento pondrá a tierra parcialmente al sistema. Ejemplo de elementos que ponen a tierra parcialmente al sistema, sin que haya un contacto directo con tierra son:

- La proximidad de cada línea con tierra.
- Componentes eléctricos dentro de los dispositivos portátiles alojados en envoltentes puestos a tierra (denominados comúnmente como la *capacitancia** del sistema).
- Los cables de energía.
- Las condiciones internas del equipo.
- La incorporación de más y más equipos al sistema.

Debido a que un sistema aislado puede llegar a estar puesto a tierra muy fácilmente sin dar ninguna indicación al usuario, debe haber una forma de monitorear la integridad del aislamiento del sistema. Con este monitoreo tiene que existir algún señalamiento cuando el sistema se ponga a tierra, total o parcialmente, pero además debe existir un límite para que la señal empiece a sonar.

Si se requiere diseñar e instalar el sistema de energía aislada en las áreas críticas (unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía), éste debe cumplir ciertos requisitos, los cuales se detallan a continuación:

* Ver definición en el Glosario

- Antes que de inicio el diseño eléctrico de una sala de operación, se deben obtener del personal del hospital algunas informaciones importantes; la mayoría de las salas de operación de hospitales tienen un patrón de tráfico ajustado y posicionado para la mesa de la sala de operaciones; este normalmente se restringe al lugar de la lámpara de quirófano ubicada en la parte superior de la sala de operaciones. Sin embargo, ya que puede variar la posición de la cabeza de la mesa de la sala de operaciones, el personal del hospital debe indicar al profesional biomedico la posición normal de la mesa. También se debe verificar el patrón de tráfico en conjunto con el posicionamiento del grupo de cirugía y apoyo. El posicionamiento del equipo eléctrico en las salas de operación tiene una relación directa con esta información. Para nuestro diseño se confirmaron estos datos con la jefa de enfermeras en quirófanos del Hospital en estudio; usaremos la configuración que se muestra en la Figura 8.

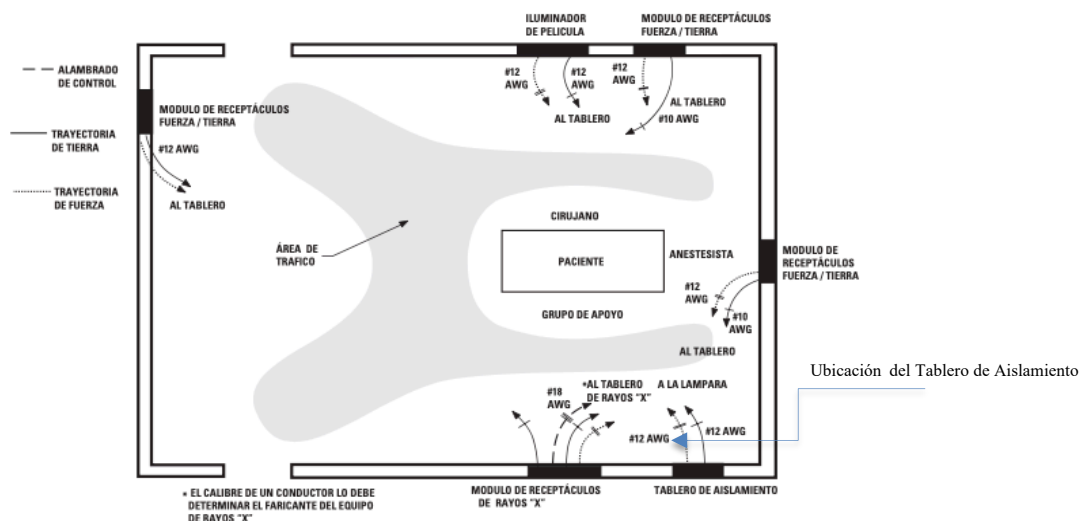


Figura 8. Ubicación de tablero de aislamiento y módulos de receptáculos en quirófano. Fuente: Sistema de Aislamiento para hospitales. Boletín Schneider Electric.

El tablero estará localizado detrás del grupo de apoyo, cerca de la cabeza de la mesa de la sala de operaciones. La localización de este tablero es importante; la colocación correcta de este tablero mantendrá los cables eléctricos y de tierra fuera del área de tráfico. Para la sala de operación se recomienda usar un tablero de aislamiento de 5 KVA. Debemos determinar la carga del equipo secundario que estará en uso, muy pocos casos requerirán un transformador de 7.5 KVA.

Para el tablero de este ejemplo, se recomiendan 10 interruptores secundarios. Cada interruptor debe alimentar dos receptáculos de energía; en esta ilustración hay 16 receptáculos. La Tabla 2, muestra la distribución de carga recomendada para los interruptores.

Numero de interruptores	Carga
4	8 Receptáculos en el tablero (2 por interruptor)
2	4 Receptáculos en el módulo de anestesia (2 por interruptor)
2	4 Receptáculos en el módulo de cirugía (2 por interruptor)
1	Alumbrado quirúrgico
1	Relojes, iluminador de película

Tabla 2. Distribución de Interruptores secundarios en el Tablero de Aislamiento.

Se podrían utilizar dos interruptores adicionales para la lámpara colgante de la sala de operaciones, el cronómetro quirúrgico y el iluminador de película. Si se usa el módulo opcional remoto de energía y tierra, los cuatro receptáculos de este módulo opcional se alimentarán por un interruptor, y los cuatros receptáculos en el módulo de cirugía por otro.

Cuando se hace el arreglo del sistema eléctrico en las salas de operaciones es importante la localización de los receptáculos de energía y tierra. Los cables de energía y tierra pueden ser peligrosos para el personal que circule; de esta forma, siempre que sea posible, se ubicaran los receptáculos de tal forma que los cables no queden dentro de las áreas de mayor tráfico. Ya que el grupo de apoyo en las salas de operaciones utiliza casi todos los contactos eléctricos, la mayoría de los servicios se tienen que colocar detrás de ellos, cerca de la cabecera de la mesa.

Hay muy poca circulación entre el grupo de apoyo y el anestesista. Se debe ubicar el módulo de energía y tierra en la cabecera de la mesa, de tal forma que el anestesista pueda conectar fácilmente el equipo. Es recomendable colocar un módulo adicional detrás del cirujano, cerca de la cabecera de la mesa, esto le da fácil acceso al cirujano a la energía para el equipo quirúrgico.

La ubicación adecuada de los receptáculos en estos dos módulos, así como en el tablero de aislamiento, eliminará los riesgos de disparo de los interruptores en las áreas del flujo de tráfico.

Hay ventajas peculiares de integrar los receptáculos de energía y tierra en un gabinete, más que distribuirlos alrededor de la sala. El gabinete único ubica a los receptáculos en el punto de uso y proporciona una trayectoria a tierra de menor resistencia entre aparatos eléctricos.

Los reglamentos todavía requieren un piso conductor en todas las instalaciones flamables y mixtas. El piso conductor no se requiere en las salas que están diseñadas como áreas de anestesia no flamables.

Es conveniente contar con varios puntos físicos de puesta a tierra conectados a un punto eléctrico. Para hacer esto, se debe designar un punto de tierra de referencia central, el cual se localiza a generalmente en el panel o tablero de aislamiento. Para los propósitos prácticos, todos los puntos de tierra en la sala están al mismo potencial eléctrico. La Figura 9, muestra un sistema de puesta a tierra típico de las salas de operación. Los módulos de puesta a tierra en las salas de operaciones contienen barras altamente conductoras equipadas con un número adecuado de zapatas para usarse como terminaciones permanentes.

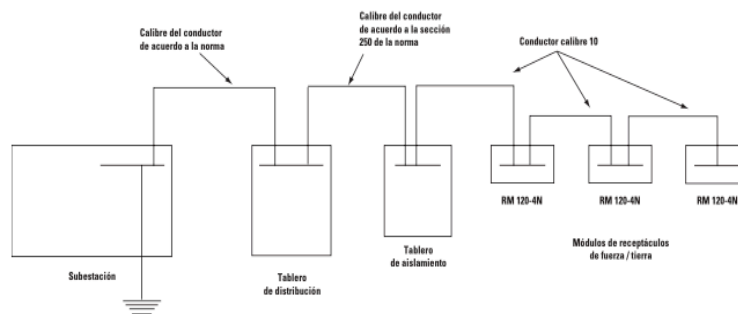


Figura 9. Sistema de puesta a tierra tipo en las salas de Operación, todos los puntos de tierra están al mismo potencial. Fuente: Sistema de Aislamiento para hospitales. Boletín Schneider Electric.

- Es recomendable que cada quirófano tenga su propio tablero de aislamiento integrado en un módulo, los receptáculos y probador de puesta a tierra aislada y mínimo de 6 circuitos, limitando cada circuito a una salida eléctrica. En los casos donde el número de equipos requiera de mayor capacidad es necesario el uso de dos tableros de distribución aislados dentro de un mismo quirófano. Cada dos módulos de contactos de aislamiento serán alimentados por un solo tablero y sistema de 5 KVA, además la altura mínima de estas salidas será de **160 cm** del nivel de piso terminado.
- El sistema debe conservarse tan pequeño como sea posible para limitar la corriente de fuga y para conservar el peligro al valor mínimo e incrementar el factor de seguridad del sistema. Los circuitos deben tener la menor longitud posible (ver sección I.2.3.1) evitando ángulos rectos.
- Las lámparas de alumbrado general no irán conectadas al sistema de aislamiento, pero los apagadores deben estar ubicados fuera de los quirófanos. Las lámparas especiales utilizadas durante la cirugía (*lámparas celiótica**), que son ajustadas de forma manual por el personal médico, sí deben ir alimentadas por el sistema aislado.
- En caso que se necesite un sistema aislado para una unidad de cuidados intensivos de alta especialidad deberá reunir todos los requisitos que se establecen para los quirófanos.

* Ver definición en el Glosario

- Los contactos para los equipos portátiles de rayos X en las salas de operación; que son áreas de cuidados críticos que requieren un sistema de distribución aislado de 208 ó 240 Volts (cuando en esa sala se usa un sistema de energía aislado). Es un procedimiento común usar un solo sistema aislado para alimentar los circuitos de rayos X hasta para 8 salas de operaciones. Estos circuitos se bloquean de tal forma que solamente se puede energizar un solo circuito en un tiempo dado. Esta práctica es factible ya que muy pocos hospitales tienen más de una máquina portátil de rayos X y en el caso de que un hospital tenga unidades múltiples, es muy probable que solamente se use una unidad al mismo tiempo.
- A continuación se describen cada uno de los componentes del sistema, con la especificación mínimas requeridas que deben cumplirse para la debida funcionabilidad del sistema aislado.

1.2.2.2 Transformador de Aislamiento.

La parte fundamental del sistema eléctrico aislado, es el transformador de aislamiento ya que es el que permite aislar de tierra las líneas de alimentación, además de perturbaciones como ruido, defectos de potencia, etc, cuenta con una pantalla o malla electrostática entre el primario y el secundario del transformador, que, conectada a tierra, permite disipar las perturbaciones de origen eléctrico y protegen el transformador en caso de pérdida de aislamiento entre los dos devanados². Debe contar con un *aislamiento tipo H** que permite la elevación de temperatura hasta un valor de 150°C a una temperatura ambiente de 40°C.

Es decir, es un dispositivo que aísla la entrada de la salida, independizando completamente el suministro eléctrico externo del interno a través de una malla (pantalla) electrostática con sus terminales de tierra, esto significa que la mayoría de perturbaciones eléctricas externas no son pasadas al circuito eléctrico interno protegiendo todos los equipos conectados de interferencias, pequeñas distorsiones en la frecuencia, distorsiones armónicas, entre otros; tanto el secundario como del primario, interconectados al núcleo del transformador producen una alta *impedancia** en el Sistema Eléctrico Aislado, garantizando una trayectoria para corrientes de fuga y falla en el lado secundario del transformador. Proporcionando un *aislamiento galvánico** entre las líneas de alimentación de CA (red) y el dispositivo alimentado. Eso significa que no hay un camino de corriente continua entre los dos devanados (Ver Figura 10).

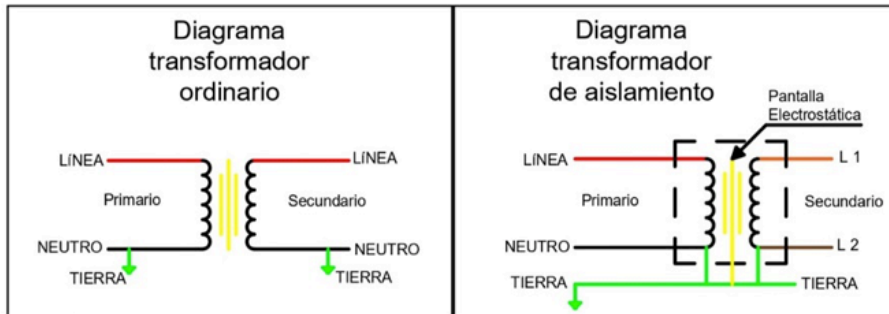


Figura 10. Esquema de conexión de un transformador común y un transformador de aislamiento. Fuente: Grupo ORS (Consultores Eléctricos Especializados) www.grupoors.com.mx.

La finalidad del transformador de aislamiento es aislar eléctricamente la sección primaria. Una vez aislado, es posible conectar en el lado de la conexión una puesta a tierra en cualquier punto del circuito primario. Esto coloca la referencia de tierra en cualquier punto al que esté conectado el clip de tierra, eliminando la posibilidad de cortocircuitar el primario. Además, permite aislar las tierras para ver qué dispositivos son la fuente de la corriente de fuga a tierra. Es imperioso denotar que el secundario del transformador no tiene referencia a tierra, aunque posee algunas corrientes de fuga bajas ocasionadas por el *efecto capacitivo** o del *acople inductivo** asociado a la longitud de los circuitos ramales. EL transformador de aislamiento permite aislarse de la tierra de la instalación; de esta forma, se podrá evitar el efecto de corrientes de tierra o tensiones indeseadas entre tierra y neutro, creando un sistema local de tierra.

² Fuente: Harper, E. (2004). Manual práctico de instalaciones eléctricas. Limusa.

* Ver definición en el Glosario



*Figura 11. Transformador de aislamiento para hospitales. Fuente: Grupo ORS (Consultores Eléctricos Especializados).
www.grupoors.com.mx.*

En aplicaciones hospitalarias es importante una operación silenciosa, una unidad de transformador núcleo/bobinas debe ser virtualmente inaudible. Se garantizan niveles de ruidos de 27 db o menos en unidades de 5 kVA y menores, y de 35 db para unidades de 7.5 kVA y mayores.

1.2.2.3 Monitor de aislamiento.

Tanto los circuitos eléctricos derivados del sistema aislado, como los dispositivos electromédicos conectados a los mismos, aportan cierto nivel de corrientes de fuga, debido a que los aislamientos de estos equipos no tienen una resistencia de aislamiento finita, además del *acople capacitivo** entre las líneas y tierra, lo que hace que se presenten pequeñas fugas de corriente, sumadas a las que aporta el transformador de aislamiento y las fugas de los conductores eléctricos de los circuitos ramales., es importante entonces tener en cuenta el nivel de corrientes de fuga propio del sistema durante su funcionamiento, que debe ser lo más bajo posible, lo que hace que se deba vigilar estos niveles de corriente de fuga en el sistema.

Para tal fin, los sistemas aislados deben contar con un dispositivo que vigile constantemente la resistencia de aislamiento del sistema. Esto se logra a través de un monitor de aislamiento de línea, que mide de forma constante la impedancia* entre las líneas aisladas y tierra, y a partir de este valor, el monitor de aislamiento calcula la corriente total de peligro presente en el sistema. Si éste último valor supera el umbral de 2 mA o 5 mA, según la programación del equipo, se enciende una señal sonora y visual, indicando que se ha producido un primer fallo en el sistema, es decir que alguna de las líneas está puesta a tierra, y que el sistema se ha convertido en un sistema aterrizado o parcialmente aterrizado, el cual es el mismo sistema que existe en el resto del hospital.

Sin embargo, esto no significa que se esté presentando un peligro de consideración que pueda comprometer la seguridad del paciente o del personal médico, no se interrumpe el servicio eléctrico; la pérdida de integridad de un sistema no puesto a tierra no afecta la operación de los dispositivos de apoyo a la vida, de hecho, es indispensable tener habilitado el sistema aislado aún en condiciones de falla, ya que no se debe interrumpir algún procedimiento médico al que pueda estar sometido un paciente. Una vez que se ha generado la alarma, el personal técnico a cargo del mantenimiento del sistema debe despejar la falla en el menor tiempo posible. Algunos sistemas cuentan con protocolos de comunicación en estaciones de enfermería, con el fin de informar y poder ubicar rápidamente donde se está presentando la falla³.

Una alarma activada no significa que está fluyendo una corriente peligrosa. El monitor de aislamiento es un dispositivo predictivo; mediante la alarma sonora predice que podría producir una corriente de cinco miliamperes desde un conductor del sistema aislado hacia tierra, si se presenta una trayectoria para esa corriente. Este dispositivo requiere que esté presente en el sistema una segunda falla eléctrica antes de que se presente una condición real de peligro

³ Fuente: Link, P. L. (2014). Isolated power system training. (Manual de software informático n.o 02).

* Ver definición en el Glosario

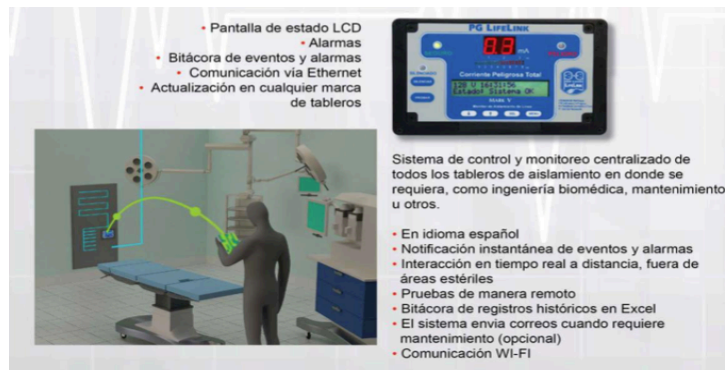


Figura 12. Características de Monitor de aislamiento. Fuente: Catalogo Dwppon Elektric, línea Médica.

En la Figura 13(a), se representa el monitor de aislamiento funcionando bajo condiciones normales de Operación, es importante hacer notar la visualización de la corriente de fuga, se recomienda que esta sea calibrada a 5 mA. En la Figura 13(b), está representado el monitor de aislamiento con una falla en el sistema eléctrico aislado, nótese que la corriente de fuga en el monitor paso el umbral de los 5mA, se considera una corriente peligrosa para paciente y cuerpo médico.

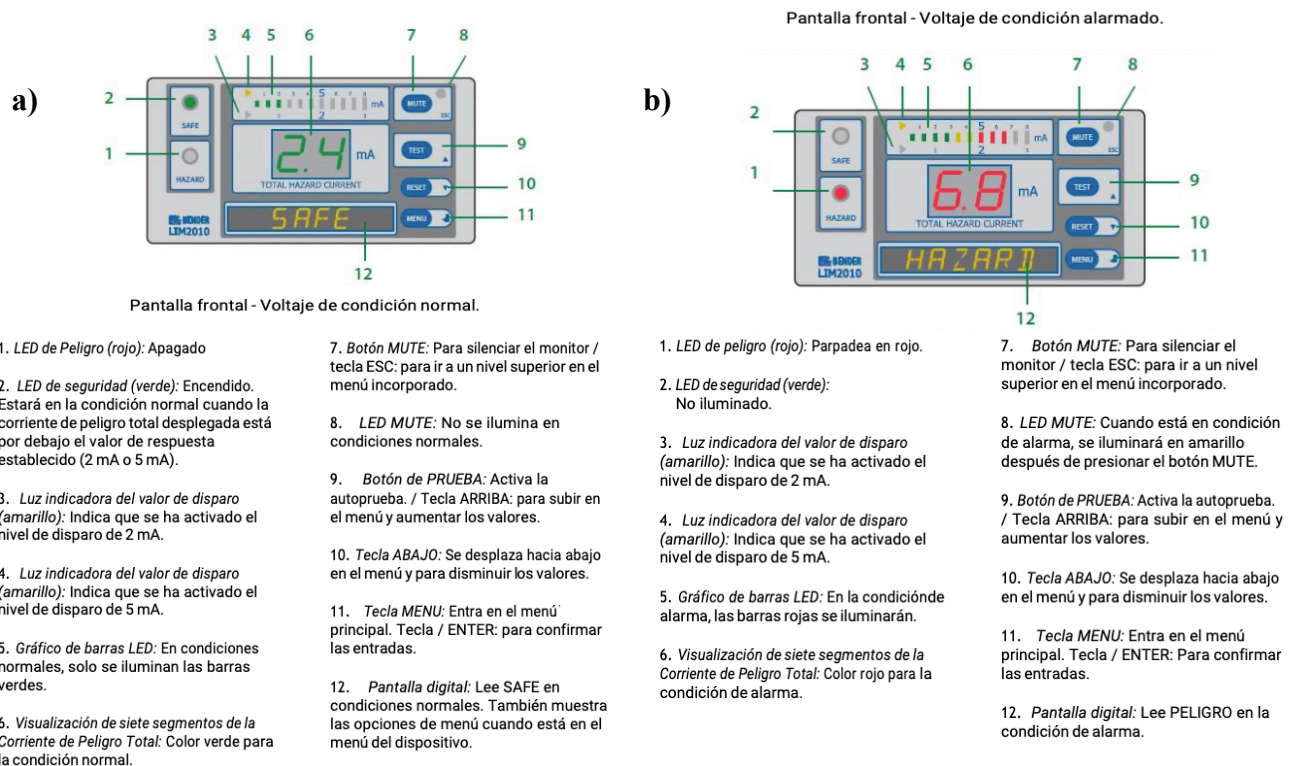


Figura 13. (a) (b). Fuente: Catalogo Dwppon Elektric, línea Médica.

Cuando se presenta una falla a tierra, el monitor de aislamiento envía una señal de prueba a todo el sistema aislado, por todos los circuitos ramales, por los transformadores de corriente y por supuesto pasa a través del punto eléctrico donde se encuentra la falla de aislamiento, para esto se cuenta con el dispositivo denominado:

Localizador de fallas de aislamiento: Cuando se presenta una falla de aislamiento es de vital importancia ubicarla en el menor tiempo posible, porque realizarlo de forma manual no es nada fácil ya que un sistema aislado está compuesto por varios circuitos ramales, y a su vez, un circuito ramal está compuesto por dos líneas, lo que complica aún más la localización de la falla. Para poder realizar este procedimiento de forma automática, se puede contar con un localizador

de fallas de aislamiento, que es un dispositivo que recibe señales provenientes del monitor de aislamiento de línea, que le indican el estado actual del sistema aislado. El localizador de fallas, a través de las lecturas obtenidas por cada uno de los *transformadores toroidales**, evalúa los niveles de corriente comparados con la señal de prueba dada por el monitor de aislamiento de línea, de esta manera se hace notorio que en alguno de los circuitos ramales se presentan niveles de corriente anómalos, identificando así el circuito ramal relacionado con la falla⁴.

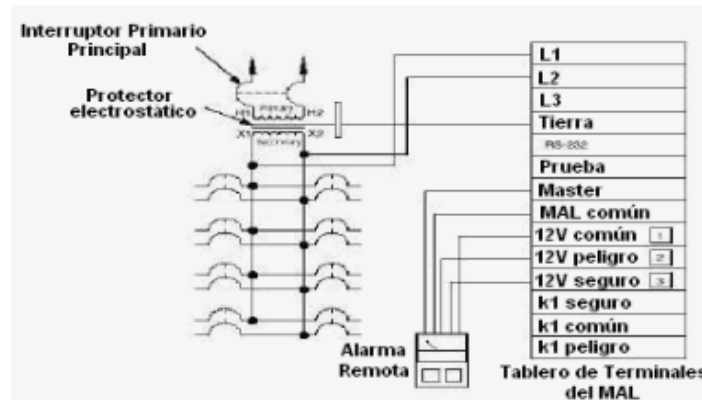


Figura 14. Interconexión Monitor de Aislamiento de Línea. Diseño de Quirófanos.

I.2.2.4 Dispositivos de protección.

Los dispositivos de protección también son vitales, ya que protegen el sistema aislado cuando se presenta un segundo fallo, es decir, cuando las dos líneas simultáneamente están puestas a tierra y se pierde completamente el aislamiento, situación en la cual el dispositivo de protección debe abrir el circuito ramal relacionado con la falla.

Estos no deben actuar cuando se presenta un primer fallo, cuando solo una de las líneas aisladas está puesta a tierra, ya que no se debe desenergizar el sistema aún en condiciones de falla, debido a que en el caso de salas de cirugía podría verse comprometida la vida del paciente vinculado a estas áreas.

I.2.2.5 Barras de tierra o sistemas de puesta a tierra.

Las técnicas de puesta a tierra son indispensables dentro del sistema aislado, ya que permite disipar las corrientes de fuga y la estática que se puedan presentar en algunas áreas de asistencia médica, que pueden llegar a afectar el estado físico del paciente que está expuesto a dispositivos como catéteres, que pueden transmitirle estas corrientes, incluso el personal médico también se puede ver expuesto a estas fugas, si no se cuenta con un sistema de puesta a tierra apropiado.

En el caso de las *cargas estáticas** al no ser despejadas, pueden causar explosiones, debido a que la acumulación de estas cargas pueden producir una chispa que active un gas de uso medicinal que se pueda encontrar en el ambiente y que son muy comunes en áreas como quirófanos y unidades de cuidados intensivos.

Por lo tanto, se requiere de un sistema de puesta a tierra que proviene de la distribución eléctrica general, y por medio de conductores eléctricos unen las barras equipotenciales de cada uno de los tableros de aislamiento al sistema de puesta a tierra. A su vez, a estas barras equipotenciales llegan los conductores de tierra de cada módulo de fuerza, que permiten despejar las corrientes de fuga, provenientes de los equipos electromédicos conectados al mismo.

Deben conectarse todas las partes metálicas de tableros y equipos al sistema de puesta a tierra, para que no se produzcan diferencias de potencial, que puedan generar corrientes de fuga de consideración que lleguen a fluir a través de un paciente.

⁴ Bender Group. (2009). Tableros para hospitales [Manual de software informático].

* Ver definición en el Glosario.

En la tabla 3, se indican los elementos que componen el sistema aislado y su función principal dentro del sistema.

EQUIPO	FUNCIÓN DENTRO DEL SISTEMA
<i>Transformador de aislamiento</i>	Aísla el sistema de perturbaciones eléctricas
<i>Monitor de aislamiento</i>	Vigila la resistencia de aislamiento y los niveles de corriente de fuga del sistema aislado de tierra
<i>Localizador de fallas</i>	Localiza el ramal y la línea correspondiente a la ubicación de una falla de aislamiento del sistema
<i>Cable de bajas fugas</i>	Minimiza las corrientes de fuga al máximo de los circuitos ramales
<i>Dispositivos de protección</i>	Protege el sistema cuando se presentan de forma simultánea, fallas a tierra en las dos líneas aisladas
<i>Barras de tierra</i>	Referencia todos los conductores de tierra y todas las partes no conductoras de corriente

Tabla 3. Funciones de cada componente dentro del sistema aislado de puesta a tierra. Fuente: Formulación de Criterios de diseño para Sistema Aislado de Tierra con localizador de fallas para unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía. Revista Tekhne 2014. vol. 11 No. 2-5-26. Carlos Castañeda & Leandro Rondón.

1.2.3 Tablero de aislamiento.

Un Tablero de Aislamiento es un **equipo electromédico de soporte de vida** que previene microdescargas eléctricas a los pacientes y personal de médico mientras estén sometidos a procedimientos invasivos dentro de un quirófano, Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) o en general cualquier área de atención crítica en clínicas, hospitales, sanatorios, centros médicos, etc.

Además, los tableros de aislamiento proporcionan un monitoreo constante de las corrientes de fuga en los circuitos derivados que alimentan los equipos médicos utilizados por el personal médico, en una unidad de cuidados intensivos (uci) o en salas de cirugía.

El tablero de aislamiento para uso hospitalario está integrado por: Gabinete de acero inoxidable, interior que consta de un subpanel de componente simple, contiene un chasis precircuitado y panel de frente muerto, el transformador de aislamiento certificado para uso hospitalario (descrito en el párrafos anteriores), el monitor de aislamiento y sus elementos de protección contra corto circuito, interruptor del primario del transformador clasificado de acuerdo a la NFPA 70, art. 450-3(b)1(1) de la NOM-SEDE-001-2012 y los interruptores bipolares del secundario del transformador que varían dependiendo del tipo de tablero, además de los accesorios adecuados de acuerdo al tipo de instalación, estos podrán ser, módulo de contactos y tierra, módulos de puesta a tierra, cable para conexión a tierra grado hospitalario, detector de falla, modulo evaluador de carga, etc.

Cabe mencionar que los interruptores presentes en el tablero de aislamiento no están en condición de detectar muy bajas corrientes de falla (del orden de miliamperios) y por esto solo actúan cuando la impedancia entre ambas líneas es tan baja que se incrementa la corriente a través de ellos a niveles de corto circuito. Debido a lo anterior, el tablero de aislamiento para uso hospitalario incluye un monitor de aislamiento, el cual es un dispositivo que mide la corriente de fuga a tierra en miliamperios⁵ ó una baja resistencia de fuga a tierra en kilo-ohms⁶. Sin embargo, el monitor de aislamiento no limita, ni desconecta el circuito, solo da una señal de alarma para que la situación sea conocida y atendida. La razón es la prioridad que se da a la continuidad del servicio ya que hay equipos médicos de soporte vital que no pueden ser desconectados.

⁵ Fuente: Underwriters Laboratories Inc. (UL). (2015). Standard for Isolated Power Systems Equipment, UL 1047 (6 ed.).

⁶ Fuente: International Electrotechnical Commission. (2021). IEC 60364-7-710:2021, Low-voltage electrical installations - Part 7-710: Requirements for special installations or locations - Medical locations. COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE.

COMPONENTES DEL TABLERO

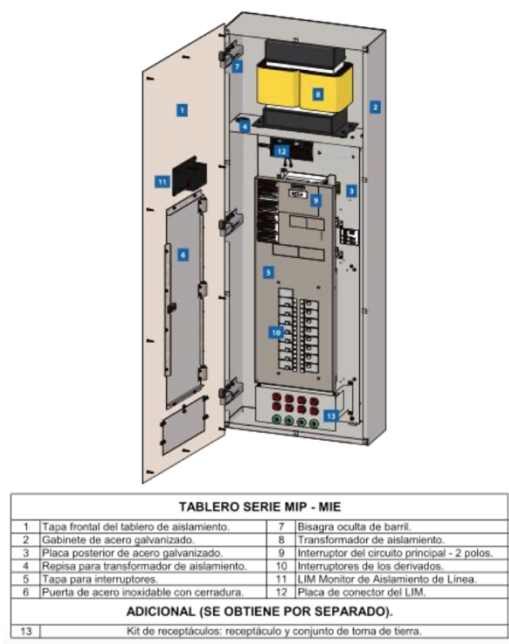


Figura 15. Componentes del tablero de aislamiento y tablero de aislamiento físico con control de circuitos. Fuente: Tablero de aislamiento para hospitales. Dwppon Elektric.

Es importante mencionar que, a pesar de ser un equipo fundamental para el sistema aislado, como todo equipo electromédico tiene una corriente de fuga de unos 60 uA o 0.06 mA, debido al transformador de aislamiento y el resto de los componentes.

Con este dato calculamos la corriente máxima permisible en los conductores de los circuitos derivados del tablero de aislamiento.

I total máxima permisible – I tablero = I máxima permisible en el conductor:

600 uA-60 uA = 540 uA o 0.54mA.

I.2.3.1 Cable de bajas fugas de corriente.

Para obtener un sistema aislado seguro, además de los equipos antes mencionados, hay que tener en cuenta los circuitos ramales que alimentan los equipos electromédicos. Para los circuitos ramales es importante que estén contruidos con cables eléctricos de bajas fugas, ya que algunos tipos de conductores, como por ejemplo el de aislamiento del tipo THHN/THWN presentan valores altos de *capacitancia*^{*}, por lo que las corrientes de fuga se pueden incrementar dentro del sistema aislado, por esta razón se deben usar conductores con aislamiento constituido de polietileno de cadena cruzada (XLP), que tienen un valor de constante dieléctrica menor o igual a 3.5⁷; para sistemas aislados, el cable más adecuado es el del tipo XHHW-2.

Al utilizarse un conductor de bajas fugas y al disminuir al máximo las longitudes de los circuitos ramales, se logra obtener un valor muy bajo de corrientes de fuga en todo el sistema aislado en condiciones sin carga, lo que indica que son valores no muy cercanos a los 5 mA permisibles por el monitor de aislamiento de línea, dando un amplio margen a las corrientes de fuga propias de los equipos electromédicos que se conectan al sistema aislado. A pesar de su condición, este tipo de aislante (XLP), contribuye aproximadamente 1 uA de corriente de fuga por cada pie de longitud de cable. En el caso del conductor de tierra, no es necesario que tenga un aislante de bajas fugas, por lo que es usual que se utilice el tipo THHN/THWN.

⁷ Fuente: Carlos, A., & Leandro, R. (2014). Formulación de criterios de diseño para sistema aislado de tierra con localizador de fallas para unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía. Tekhne (2, 5-26).

* Ver definición en el Glosario.

Los fabricantes de conductores nos proporcionan un dato importante; la corriente de fuga que presenta el conductor por distancia; para un conductor XHHW2 con aislamiento tipo XLP, es de 1 uA o 0.001mA/ft con un margen del 10% resultando una corriente de 1.1 uA o 0.0011 mA/ft, a esta corriente le llamamos I_w . Para la longitud total se realiza la siguiente operación matemática con los datos obtenidos:

$$L_{max} = (I_{\text{total máxima permisible}} - I_{\text{tablero}}) / I_w$$

sustituyendo $L_{max} = (0.6\text{mA} - 0.06\text{mA}) / 0.0011\text{mA/ft}$ (1m/3.2808 ft) = 149.6309 m Es la cantidad máxima de cableado a utilizarse en el sistema, en otras palabras, en la longitud total que formaran todos los circuitos que se derivan del tablero de aislamiento.

Sin embargo, durante el proceso de jalado de cables dentro de la tubería conduit, se puede perder parte de esa protección, si se usan elementos o compuestos que hacen que la constante dieléctrica supere el valor permitido de 3.5 aumentando las corrientes de fuga en todo el sistema aislado de tierra.

1.2.4 Criterios para la Instalación del sistema.

A continuación, se establecen los criterios técnicos de acuerdo a la normatividad vigente (NOM-001-SEDE-2012, Artículo 517-160), para la instalación del sistema aislado, del cual el equipo médico principal es el Tablero de Aislamiento.

Circuitos eléctricos aislados. Cada circuito eléctrico aislado debe controlarse por un desconectador o por un interruptor automático que tenga un polo para la desconexión de cada conductor vivo del circuito aislado, con el fin de interrumpir simultáneamente los conductores vivos y toda la energía del circuito. El aislamiento puede lograrse por medio de uno o más transformadores, por medio de un grupo electrogeno o por medio de un sistema aislado de baterías. Los conductores de los circuitos eléctricos aislados, no deben instalarse en cables, canalizaciones u otras envolventes conteniendo conductores de otros sistemas eléctricos.

Características de los circuitos. Los circuitos que alimenten los primarios de los transformadores de aislamiento deben operar a no más de 600V entre conductores y deben tener protección apropiada contra sobrecorriente. La tensión del secundario de los transformadores de aislamiento, no debe exceder de 600V entre conductores de cada circuito. Todos los circuitos alimentados desde los secundarios deben ser no puestos a tierra y deben tener un dispositivo de protección contra sobrecorriente y de valor nominal apropiado para cada conductor. Los circuitos alimentados directamente desde las baterías o del conjunto motor generador deben ser no puestos a tierra, y deben protegerse contra sobrecorriente de la misma manera que los circuitos secundarios alimentados del transformador. Si existe una pantalla electrostática, debe conectarse al mismo punto de referencia a tierra.

Ubicación del equipo. Los transformadores de aislamiento (en caso que se requieran, fuera del gabinete del tablero de aislamiento), los conjuntos motores generador, las baterías y cargadores de baterías y las protecciones contra sobrecorriente asociadas al primario o secundario, no deben instalarse en *áreas peligrosas**.

Transformador de aislamiento. Un transformador de aislamiento no debe alimentar a más de una sala de operaciones o cama para atención crítica en áreas de terapia intensiva, excepto lo especificado en (a) y (b) siguientes.

- a) **Altas Tensiones.** Se permiten los transformadores de aislamiento para alimentar varios contactos grado hospital sencillos instalados en diferentes áreas de atención de pacientes donde se cumpla y aplique lo siguiente:
1. Que los contactos grado hospital estén reservados para alimentar equipos que necesiten 150 volts o más, por ejemplo: unidades de rayos X portátiles y equipos láser, y;
 2. Que los contactos y clavijas no sean intercambiables con los contactos del sistema eléctrico aislado para la sala de operaciones.

De acuerdo a 517-160 a-5 La identificación de los conductores de los circuitos aislados se deben identificar de acuerdo a lo siguiente:

* Ver definición en el Glosario.

b) Identificación de los conductores.

1. Conductor con aislamiento 1: Color naranja con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.
 2. Conductor con aislamiento 2: Color café con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.
 3. Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor con aislamiento deberá identificarse en color amarillo con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor. Cuando los circuitos aislados se conecten a contactos de 120 volts de una fase de 15 y 20 amperes, el conductor naranja con raya o banda continua, debe conectarse a las terminales de los contactos, identificadas para tal fin. En los contactos, clavijas polarizadas y conectores de cordones para clavijas polarizadas, debe identificarse la terminal destinada para la conexión del conductor puesto a tierra como sigue:
- La identificación debe hacerse por un metal o recubrimiento metálico de color similar al blanco o con la palabra "Blanco" o cualquiera de las letras "B", "N" o "W" situada cerca de la terminal identificada.
 - Si la terminal no es visible, el orificio de entrada del conductor para la conexión debe pintarse de blanco o señalarse con la palabra "Blanco" o cualquiera de las letras "B", "N" o "W".

En conclusión: Un tablero de aislamiento no debe alimentar más de una sala de operaciones o cama de atención crítica, De acuerdo a lo mencionado en la NOM-001-SEDE-2012, Art 517-30 inciso C, que indica que debe haber un circuito por canalización metálica, además se sugiere mantener las longitudes de cable lo más corta posible, ya que las longitudes largas son la principal causa de fallas, debido a que los conductores más largos tienen una mayor *capacitancia** lo que provoca más corriente de fuga; también se debe utilizar conductores para los circuitos eléctricos derivados con aislamiento que tenga una constante dieléctrica menor a 3.5 y constante de aislamiento mayor a 6100 megaohms-metro (a 16°C) con el objetivo de reducir la corriente eléctrica de fuga de cada línea a tierra de toda la instalación terminada, reduciendo con esto la corriente peligrosa; como se mencionó anteriormente el tipo de aislamiento que cumple con esta característica es el XLPE (polietileno de cadena cruzada) de cobre trenzado con aislamiento XHHW, XHHW-2, RHW y RHW-2. Es de hacer notar que analizando los 4 tipos de conductores que cumplen con las características dieléctricas y de aislamiento que requiere la norma, éstos son parecidos, pero cambian en la cantidad de temperatura que soportan en condiciones húmedas o mojadas, el conductor que mayor resistencia tiene a la temperatura es el XHHW-2, por lo tanto, es el sugerido para este tipo de instalación.

Nota: se debe mantener la polaridad, el color naranja (X1), se debe conectar la terminal "neutro" en el receptáculo. El conductor café (X2) se debe conectar a la terminal "fuerza" en el receptáculo, y el conductor verde (tierra) se debe conectar a la terminal "tierra" en el receptáculo (ver Tabla 4 y Figura 16).

	Tipo	Identificación
Naranja.	XHHW-2	Línea 1.
Café.	XHHW-2	Línea 2.
Verde.	THW	Tierra.

Tabla 4. Identificación de líneas, de acuerdo a color.

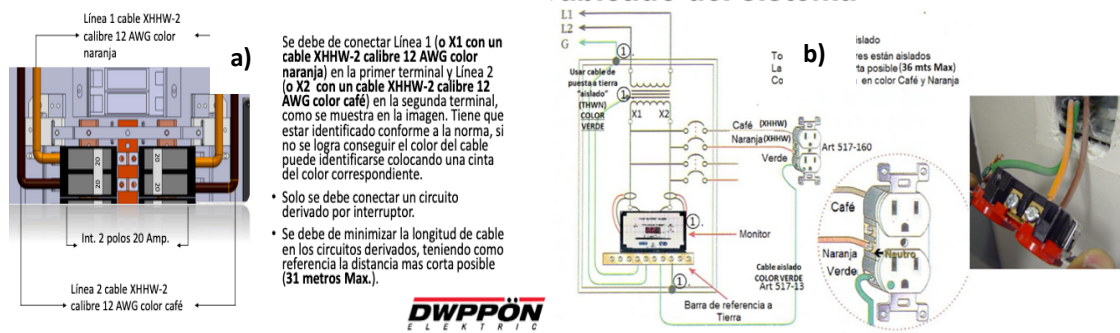


Figura 16. (a) y (b) Conexión de conductores en tablero y diagrama de cableado en contactos. Fuente: Dwppon Elektrik, línea médica 2017.

* Ver definición en el Glosario.

De acuerdo a 517-30 Inciso c-3, el alambrado de un sistema de aislado y de emergencia (517-30 inciso b-2) para un hospital debe estar protegido mecánicamente. Cuando se instalen como circuitos derivados en áreas de atención de pacientes, la instalación debe cumplir los requisitos de 517-13 (a) y (b). Se permiten los siguientes métodos de alambrado:

1. Canalizaciones metálicas no flexibles, *cables del tipo MI**, conduit de PVC Cédula 80. Las canalizaciones no metálicas no se deben usar para circuitos derivados que alimentan áreas de atención de pacientes (Ver Figura 17).



Figura 17. Canalización de circuitos derivados. Fuente: Dwppon Elektríc línea médica.

2. Si están empotrados en no menos de 50 milímetros de concreto, conduit de PVC Cédula 40, canalizaciones no metálicas flexibles o metálicas con cubierta, o ensamble de cables metálicos con cubierta aprobados para su instalación en concreto. Las canalizaciones no metálicas no se deben usar para circuitos derivados que alimentan áreas de atención de pacientes.
3. Canalizaciones metálicas flexibles aprobadas y ensamble de cable con cubierta metálica aprobados en cualquiera de los siguientes casos:
 - a. Cuando se usan en consolas o cabeceras médicas prefabricadas.
 - b. En mobiliario para oficina.
 - c. Cuando se tienden con sonda en paredes o plafones existentes, sin ningún otro acceso y no sometidos a daños físicos.
 - d. Cuando sea necesario para la conexión flexible al equipo.
4. Cordones flexibles de alimentación de los equipos de utilización o de otros equipos médicos conectados al sistema aislado o de emergencia.

Compuestos para el jalado de alambres durante su instalación. No deben usarse compuestos, como gel lubricante, cera sintética, etc., para el jalado de los conductores durante su instalación en el método de alambrado, ya que incrementan la constante dieléctrica y la constante de aislamiento de los conductores de los circuitos conectados al secundario del transformador de aislamiento.

Características eléctricas del sistema eléctrico aislado. Se debe limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 kilovolt-amperes o menos y se deben utilizar conductores con aislamiento de baja corriente eléctrica de fuga, para que una vez instalados y conectados todos los circuitos, la *impedancia resistiva** y *capacitiva** total sea mayor a 200 000 ohms.

Se debe minimizar la longitud de los conductores de los circuitos derivados y se deben utilizar conductores con aislamiento que tengan una constante dieléctrica menor que 3.5 y una constante de aislamiento mayor a 6100 megaohm-metro (a 16 °C), con el objetivo de reducir la corriente eléctrica de fuga de cada línea a tierra de toda la instalación terminada, reduciendo con esto la corriente peligrosa. En la tabla 5 se muestra la cantidad de material recomendado para la instalación del sistema aislado.

* Ver definición en el Glosario.

Pruebas. El sistema eléctrico aislado debe probarse, ver sección 517-30 (c)(2) de la NOM-SEDE-001-2012, antes de su puesta en operación y después de que exista una falla que encienda la luz roja y opere la señal audible del monitor de aislamiento. Se deben hacer pruebas periódicas, bajo un programa de mantenimiento y de modo que resulten aceptables a la autoridad competente, para asegurar que los sistemas se mantienen en condiciones adecuadas de funcionamiento.

En la Figura 18, se muestra una representación de una unidad de cuidados intensivos (UCI), indicando cada una de los componentes del sistema de distribución aislado.

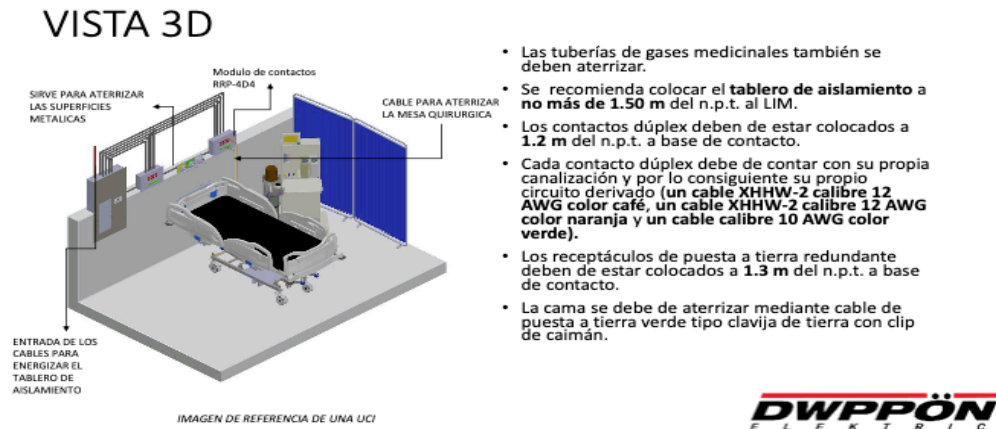


Figura 18. Localización de componentes del Sistema Eléctrico Aislado. Fuente: Dwppon Elektric, línea médica.

PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Línea 1	Cable XHHW-2 calibre 12 AWG color café marca CONDELMEX	Aprox. 11 mt
Línea 2	Cable XHHW-2 calibre 12 AWG color naranja marca CONDELMEX	Aprox. 11 mt
Tierra	Cable THW calibre 12 AWG color verde marca INDIANA	Aprox. 16 mt
Cable verde para aterrizaje superficies metálicas expuestas	Cable verde tipo banana-caimán color verde de 5 ft de largo marca DWPON	1 pza
Tubo	Tubo con diámetro externo de ¾" pared gruesa certificada para puesta a tierra efectiva marca CONDUIT	Aprox. 10 mt
Monitor mecánico	Monitor metálico de ¾" certificado para puesta a tierra efectiva marca ANCLO	10 pzas
Contratuercas	Contratuercas metálicas de ¾" certificadas para puesta a tierra efectiva marca ANCLO	10 pzas
Codo 90°	Codo de 90° metálico de ¾" certificado para puesta a tierra efectiva marca MUELLER	20 pzas

Tabla 5. Cuantificación de material recomendado para la instalación.

1.2.5 Puesta en operación, pruebas y mantenimiento preventivo y correctivo.

De acuerdo a NOM-025-SSA3-2013, es obligación del médico responsable de la unidad de cuidados intensivos (UCI) tener la bitácora de mantenimiento de los tableros de aislamiento en formato impreso o electrónico; se recomienda que el mantenimiento preventivo, sea realizado cada 6 meses en el cual se deben incluir las 13 pruebas indicadas en la NOM-SEDE-001-2012 Art. 517-160.

Cofepris* que es la autoridad competente y es la encargada del control y la vigilancia de la normativa en los establecimientos de atención a la salud; en cualquier evento que origine un accidente, debido al incumplimiento de la normatividad; lo considera negligencia según el código penal⁸ e incluso puede retirar el permiso sanitario de operación del hospital, o sancionar a los funcionarios responsables.

⁸ Fuente: artículos 228, 229 y 230 del Código Penal del D.F.

* Ver definición en el Glosario.

La norma de la Secretaría de Salud NOM-016-SSA3-2012 establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada. En el apartado 5.1.13 indica que es necesario llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura física, instalaciones, equipamiento electromecánico del establecimiento, de acuerdo con los estándares, su vida útil y las necesidades de la unidad operativa; así mismo, hay que registrarlo en las bitácoras de control, tal y como lo señalan las secciones 5.1.5 y 5.1.13.19 de la normatividad.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas, y específicamente en el Art. (517-160-5), establece que los sistemas eléctricos aislados deben ser probados periódicamente, bajo un programa y de modo que resulten aceptables a la autoridad competente, esto para asegurar se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento para preservar la vida de los pacientes en espacios y áreas críticas.

A su vez, los sistemas eléctricos aislados con todos los circuitos alambrados, los contactos grado hospital y equipos fijos instalados deben ser probados antes de su puesta en operación, cuando exista evidencia de daño y después de cualquier reparación, en intervalos no superiores a seis meses, registrando los resultados de las pruebas en la bitácora de control permanente y constatando la fecha, cuarto o área de prueba, con la indicación si los componentes del sistema cumplieron o fallaron.

Nota: Todas las pruebas deberán realizarse con equipo calibrado y certificado.

Descripción de las Pruebas.

Para todas las pruebas, es muy importante que este completo el equipo electromédico que vaya a ser utilizado dentro del área.

- I. Pruebas del sistema aislado: Que la *impedancia capacitiva** y *resistiva** a tierra de cualquiera de los conductores de un sistema aislado debe de exceder de 200,000 (Ω) OHMS cuando se instale. (Conforme a la norma NFPA 99, 2021, artículo 4.3.2.6.2.1 y NOM-001-SEDE-2012 artículo 517-160-7).

Procedimiento:

Se procede a medir el voltaje entre líneas para tener un cálculo más exacto y de igual manera se debe medir la corriente de L1 a tierra y L2 a tierra.

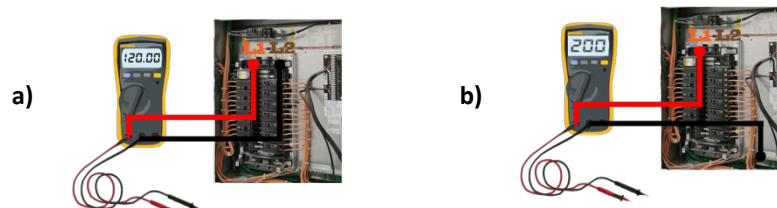


Figura 19. (a) medición de voltaje entre líneas (L1 y L2) y (b) medición de corriente L1 y L2 a tierra. Se toman 3 valores para observar cómo afecta el valor de la resistencia.

$Z = V(L1 \text{ y } L2) / I_{total}$; $Z = 120 / 200\mu A = 600,000 \Omega$ **Valor Correcto**

$Z = V(L1 \text{ y } L2) / I_{total}$; $Z = 120 / 600\mu A = 200,000 \Omega$ **Valor Correcto pero sin margen (cumple con lo especificado)**

$Z = V(L1 \text{ y } L2) / I_{total}$; $Z = 120 / 700\mu A = 171,428 \Omega$ **Valor incorrecto (revisar sistema, es posible que exista una falla)**

- II. Prueba del monitor de aislamiento: Que el monitor de aislamiento del sistema aislado, no debe de alarmarse para corrientes peligrosas de falla de menos de 3.7 miliampers (mA) ni para corrientes peligrosas totales en el umbral de los 5 miliampers (mA). (Conforme a la norma NFPA 99, 2021, artículo 4.3.2.6.3.2).

⁹ Fuente: Secretaría de Salud. (2013). NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012. Diario Oficial de la Nación.

* Ver definición en el Glosario.

Procedimiento:

Con el LIM, se puede hacer un estimado (sin equipo móvil o fijo conectado) de un valor correcto de resistencia por medio de la corriente de fuga:

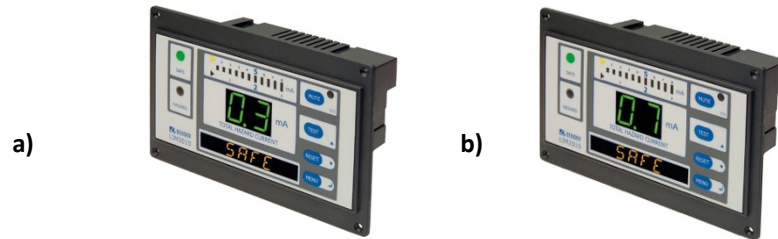


Figura 20. (a) y (b) medición correcta e incorrecta de la corriente de fuga en el LIM.

$Z = V(L1 \text{ y } L2) / I_{\text{total}}$; $Z = 120 / 300 \mu A = 400,000 \, \Omega$ **Valor Correcto**

$Z = V(L1 \text{ y } L2) / I_{\text{total}}$; $Z = 120 / 700 \mu A = 171,428.57 \, \Omega$ **Valor incorrecto (el monitor se alarma, se presenta una falla)**

El monitor no debe alarmarse para corrientes peligrosas de falla menores a 3.7mA, sino que debe alarmarse para valores de corriente total de falla en el rango de los 5mA.

Con el LT-300 que es un instrumento eficaz y versátil, de prueba por medio del cual inyectamos la corriente deseada al monitor.

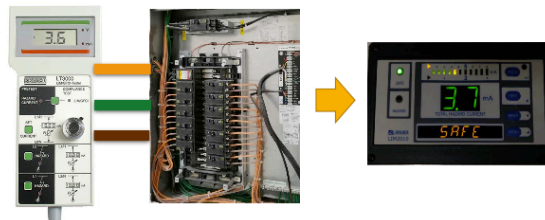


Figura 21. A través del LT-300 se inyecta una corriente menor a 3.7mA para asegurarnos que el monitor no se alarme, se inyecta la corriente entre L1 y tierra y después para L-2 y tierra.



Figura 22. A través del LT-300 se inyecta una corriente igual o mayor a 5mA para asegurarnos que el monitor se alarme, se inyecta la corriente entre L1 y tierra y después para L-2 y tierra.

- III. Prueba de GFCI: Que los interruptores de falla a tierra (GFCI) y los receptáculos con este tipo de protección operen a menos de 6 miliampers (mA). (Conforme a la norma NFPA 99, 2021, artículo 4.3.2.2.8.5. y NOM-001-SEDE-2012 artículo 517.20).

Equipo a utilizar:

- LT-300.
- Probador de Monitor de aislamiento de línea (LIM) y probador GFCI.
- GFCI.
- Simulador GFCI.



Figura 23. Equipo para efectuar prueba de GFCI.

Procedimiento:

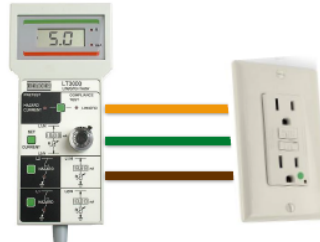


Figura 24. A través del LT-300 Se inyecta una corriente de al menos 5 mA, el interruptor del GFCI tendrá que activarse.

- IV. Prueba en “vecindad de paciente”: Que el voltaje medido bajo condiciones de no falla, entre un punto de referencia a tierra y la superficie conductiva expuesta de equipo fijo localizado en la vecindad del paciente no exceda de 20 milivolts (mV). (Conforme a la norma NFPA 99, artículos 4.3.3.1.3 y 4.3.3.1.6.1).

Equipo a utilizar:

- Multímetro Fluke 117, multímetro de alta precisión con una resolución de 1 mV.
- Cables de puesta a tierra.



Figura 25. Equipo para efectuar prueba a elementos del SEA.

Procedimiento:

- Mediante los cables de puesta a tierra aterrizar el chasis del equipo médico y así crear una superficie equipotencial.
- El multímetro Fluke 117 se ajusta a cero, realizando un corto circuito en la tierra redundante.
- Se mide el voltaje ajustando la resolución del multímetro en mV y se mide el voltaje de la superficie metálica expuesta en la vecindad del paciente tomando como referencia la barra de tierra del tablero de aislamiento y el chasis de equipo fijo.



Figura 26. Pruebas a elementos del SEA.

- V. Prueba de receptáculos en vecindad del paciente: Que el límite de la impedancia medida entre un punto de referencia a tierra y la terminal para conexión a tierra a los receptáculos en la vecindad del paciente sea de 0.1 OMHS (Ω) y 0.2 (Ω) para tierras quietas. (Conforme a la norma NFPA 99, artículos 4.3.3.1.4 y 4.3.3.1.6.2 y NOM-SEDE-001-2012 artículo 517-19-c).

Para esta prueba se recomienda un multímetro fluke 117 o ESA-609 que son de alta precisión y con ajuste a cero (Ver Figura 27).

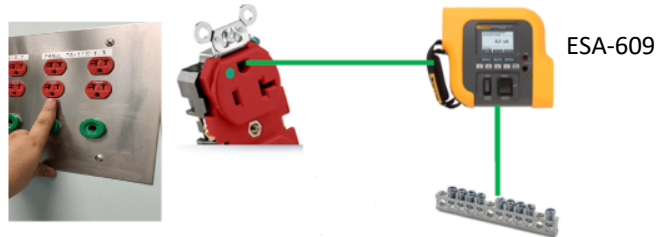


Figura 27. La resistencia entre la terminal de tierra del tablero y la terminal para conexión a tierra de los receptáculos instalados dentro de la vecindad del paciente sea de 0.1 Ohms.

Procedimiento:

- Ajustar el ESA 609 o el Fluke 117 para medición punto a punto en ohms.
- Conectar un extremo a la barra de tierra en el tablero de aislamiento.
- Revisar y anotar el valor de medición del otro extremo a cada una de las tierras de los receptáculos que se encuentren dentro del área de la vecindad del paciente.

	Contacto	Ω
M1	Circuito 1	0.08
M1	Circuito 2	0.13
M1	Circuito 3	0.11
M1	Circuito 4	0.12
M2	Circuito 1	0.17
M2	Circuito 2	0.15
M2	Circuito 3	0.14
M2	Circuito 4	0.14
M3	Circuito 1	0.10
M3	Circuito 2	0.10
M3	Circuito 3	0.12

Tabla 6. Datos obtenidos en la medición.

- VI. Prueba de polaridad de receptáculos: Que se mantenga la polaridad de las conexiones en los receptáculos y sean físicamente integrados. [Conforme a la norma NFPA 99, artículo 4.3.3.2.3]; Y de retención de receptáculos: La fuerza de retención del conector del receptáculo debe ser de 115 gramos. [Conforme a la norma NFPA 99, artículo 4.3.3.2.4].

- **Prueba de polaridad:**

Equipo a utilizar:



Figura 28. Probador de polaridad.

Procedimiento polaridad:

1. Verificar que no se encuentre conectado ningún equipo eléctrico en los contactos.
2. En el tablero de aislamiento tener todos los circuitos derivados cerrados correspondientes a los contactos grado hospital.
3. Con un conductor, hacer un puente entre fase 2 (conductor café) y la barra de tierra aislada (en el tablero de aislamiento).
4. Con el probador de polaridad, verificar que todos los contactos grados hospital conectados en el tablero de aislamiento se encuentre con polaridad correcta.



Figura 29. La polaridad de las conexiones en los contactos, tengan la misma secuencia.

- **Prueba de retención:**

Equipo a utilizar:



Figura 30. Probador de fuerza de retención

Procedimiento retención:

1. Abrir todos los circuitos derivados correspondientes a los contactos grado hospital y a los módulos de contactos en el tablero de aislamiento, para evitar algún accidente al momento de realizar la prueba.
2. Introducir totalmente las espigas de fase.
3. Retirar suavemente y de forma perpendicular al contacto el probador de fuerza de retención.
4. Realizar esta prueba en todos los contactos del quirófano.

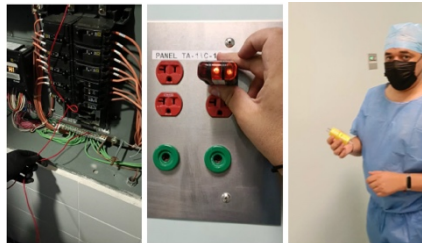


Figura 31. Pruebas de polaridad y retención.

- VII.** Prueba de corriente de fuga: Que la corriente de fuga de los equipos conectados en forma permanente, dentro de la vecindad del paciente, no exceda de 5 miliampers probados antes de que se instalen y estén conectados a tierra. [Conforme a la norma NFPA 99, artículos 8.4.1.3.4.1 y 8.4.1.3.4.2].



Figura 32. Que la corriente de fuga del equipo médico fijo (Lámpara, Negatoscopio, etc.) no exceda de 5 mA.

- VIII.** Prueba de la resistencia del conductor de puesta a tierra de los equipos: Que la resistencia del conductor de puesta a tierra de los equipos, medida desde el chasis o envoltorio del equipo a la terminal de tierra de la clavija, sea de 0.15 para fabricantes y 0.5 OHMS en campo. (Conforme a la norma NFPA 99, 2021, artículo 8.4.4.1.3.2).

- Que la resistencia del conductor para puesta a tierra de los equipos de utilización, medida desde el chasis o envoltorio del equipo hasta la terminal (espiga) para enchufar al contacto, sea de 0.15 Ohms para fabricantes y de 0.5 Ohms en campo.
- La resistencia del conductor de puesta a tierra del cable de alimentación, 0.15 Ω en equipo nuevo y 0.50 Ω para equipo en uso.

Equipo a utilizar:

- Para esta prueba se recomienda un multímetro que sea de alta precisión.
- Equipo biomédico.
- Clavija del equipo.

Procedimiento:

- Se lleva a cabo la configuración del dispositivo con el cual se efectúa la medición, ESA-609.
- Se utiliza el método de medición "Punto a Punto".
- Se selecciona la opción para medir Ω (ohms).
- Directamente se conecta una punta al punto de tierra de la clavija grado hospitalario y la otra al punto de tierra que tiene el equipo médico, o en su defecto en alguna superficie metálica expuesta con la que cuente.

No.	Equipo	No. De serie	Ω
1	Arco en C	82-2031	0.42
2	Bombo de Succión	YY18-0503087	0.080
3	Máquina de anestesia	DK43100725	0.137

Tabla 7. Datos de la medición "Punto a Punto".

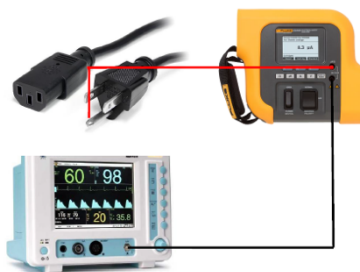


Figura 33. Medición "Punto a Punto".

- IX. Prueba de los pisos conductivos: Que los pisos conductivos tengan una resistencia promedio menor a 1,000,000 OHMS (Ω) y que no sea inferior a un promedio de 25,000 OHMS (Conforme a la norma NFPA 99, 2021, anexos E. 6.6.8.2.3, E. 6.6.8.2.4 y E. 6.6.8.2.7).

Equipo a utilizar:



Figura 34. Megohmetro (Megger) UEI IRT20.

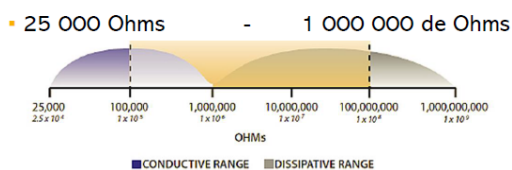


Figura 35. Rango de piso conductivo y disipativo.

Procedimiento:

- Conectar las puntas del Megger a los electrodos de medición y dejarlas con una separación aproximada de 60 y 90cm.
- Girar la manivela o inyectar voltaje por medio del Megger hasta obtener la medición.
- Repetir proceso en diferentes partes del área donde se va a hacer la medición.
- Es recomendable realizar al menos 5 mediciones.
- Se realizan y anotan las mediciones y se obtiene el promedio.

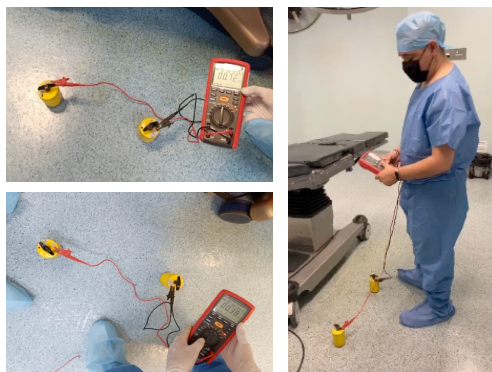


Figura 36. Pruebas realizadas en: Alrededor de la mesa quirúrgica; Cabeza; Lateral izquierdo, Lateral derecho, y Pies.

No.	Contacto	Distancia	Ω
1	Pies al centro	90 cm	500 K
2	Cabecera izquierda	90 cm	750 K
3	Cabecera derecha	90 cm	500 K
4	Cabecera a centro	90 cm	550 K
5	Centro a pies	90 cm	500 K
6	Pies	90 cm	900 K
Promedio			612 K Ω

Tabla 8. Promedio de acuerdo a mediciones.

- X. Que se mantenga la continuidad eléctrica, entre el punto de puesta a tierra localizado en la vecindad del paciente con todas las partes metálicas expuestas de equipos e instalaciones y las terminales de conexión a tierra de los contactos instalados. (Conforme a la norma NFPA 99, artículo 4.3.3.2.2).

Equipo a utilizar:



Figura 37. Multímetro- opción de continuidad.

Procedimiento:

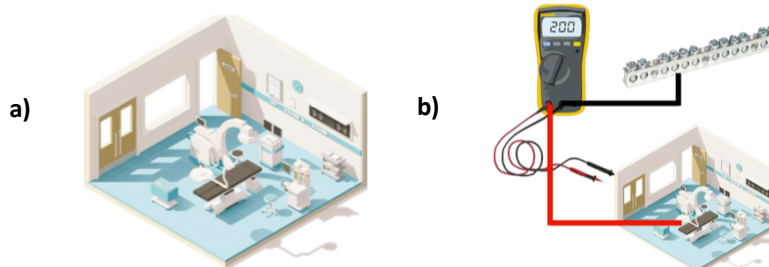


Figura 38. (a) y (b), Pruebas de continuidad eléctrica, mismo punto equipotencial de tierra.

- Verificar con el multímetro en modo de continuidad, que todas las superficies metálicas en la vecindad del paciente se encuentren conectadas a la barra de tierras del tablero de aislamiento.

XI. Que la corriente de fuga de los equipos de utilización conectados con cordón y clavija, que se usen en la vecindad del paciente, no exceda de 300 micro amperes.

Equipo a utilizar:



Figura 39. Para esta prueba se recomienda un multímetro que sea de alta precisión y una resolución de μA . Mod. ESA609.

Procedimiento:

- Se conecta el cable a la terminal de medición, así como el equipo médico al contacto incluido en el ESA609.
- Con la punta de medición del ESA609 conectada al chasis o alguna de las partes referenciadas a tierra del equipo médico, se procede a medir la corriente en 4 formas posibles.
- Se miden y toman mediciones en: abierto/normal, cerrado/normal, abierto/inverso, cerrado/inverso.



Figura 40. Pruebas a equipos fijos y móviles.

	Equipo	OPEN		CLOSE	
		Normal μA	Reversa μA	Normal μA	Reversa μA
1	Máquina de anestesia	177.8	178	92.3	90.4
2	Mesa quirúrgica	154.8	155	78.4	76.3
3	Electrocauterio	14.5	14.3	7.8	7.2
3	Torniquete neumático	19.2	19.2	8.6	8.8

Tabla 9. Datos de mediciones, de la prueba a equipos fijos y móviles.

XII. Que el Tablero opere y proporcione resultados de acuerdo a su diseño, con base en los manuales y las especificaciones del fabricante para: su instalación, operación, mantenimiento, fallas, ajustes y pruebas. [NOM-001-SEDE-2012, artículo 110.3].

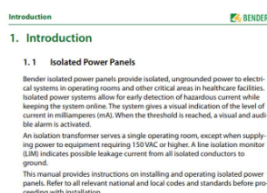


Figura 41. Características técnicas del equipo.

- En el manual del proveedor se proporcionan instrucciones para instalar y operar tableros de energía aislados. Se debe consultar, todos los códigos y normas nacionales y locales pertinentes antes de proceder con la instalación.

- XIII.** El circuito del monitor de aislamiento de línea debe ser probado después de su instalación y antes de ser puesto en servicio, para esto, cada línea energizada del sistema eléctrico aislado de distribución debe conectarse a tierra sucesivamente a través de una resistencia con valor de $200K\ \Omega$, donde V es igual a la tensión medida entre las líneas aisladas del sistema. Las alarmas audibles y visibles deben alarmarse. (conforme a la norma NFPA 99, 2021, artículo 4.3.3.3.2.1).

Equipo a utilizar:



Figura 42. Multímetro y Resistencias o Potenciómetro, que rondan los $20\ K\Omega$ y $30\ K\Omega$.

Procedimiento:

- Cada línea (tanto L1 y L2) del sistema eléctrico aislado debe conectarse a tierra a través de una resistencia con valor de 200Ω por cada Volt medido en el secundario del transformador de aislamiento.
- La alarma audible y visible se deben activar bajo la siguiente condición:

$$R = V(L1-L2) * 200 = 24,000\Omega$$



Figura 43. Ejecución de la prueba.

I.2.6 Eficiencia en la operación del sistema con la incorporación de accesorios con tecnología de nueva generación.

Las salas de operaciones y las unidades de cuidados intensivos; de acuerdo a datos recabados en el hospital en estudio, representan el 65% de los ingresos totales y aproximadamente el 35% de los gastos, por lo que se torna muy importante reforzar positivamente la seguridad de la instalación en las unidades de cuidados intensivos y en quirófanos, minimizando las fallas que puedan presentarse y que tengan como consecuencias accidentes fatales para el paciente y el prestigio del hospital sea negativo ante la opinión pública.

A continuación, se indican algunos aspectos que provocan falla en el sistema y la forma en corregirlos con la ayuda de la tecnología implementada al tablero de aislamiento.



Figura 44. Como monitorear muchos equipos a la vez.

1.- El monitoreo de muchos equipos, se convierte en un problema cuando se tienen las siguientes condiciones:

- Falta de dominio de los equipos.
- Falta de capacitación respecto al tema.
- Tiempo de revisión de cada equipo que puede ser muy grande.
- Poco personal, muchas actividades.
- Puede haber alguna alarma sin que el personal se dé cuenta.
- No pueden revisar muchos equipos a la vez.
- Las Áreas críticas generalmente se encuentran ocupadas por pacientes.
- se requiere agilidad en el proceso de revisión.

La solución es llevar la información a nuestra pc o teléfono móvil, con el módulo de monitoreo en tiempo real de equipos, que convierte alarmas, valores medidos y cualquier dato que nos indique el tablero de aislamiento y monitor de aislamiento a la tecnología de comunicación.



Figura 45. Monitor en tiempo real de equipo, con la implementación del módulo de monitoreo con 4GIP (Bender).

2.- Detectar donde ocurre una falla de pérdida de aislamiento en un área de atención crítica, en un problema que pone en peligro a pacientes y personal médico y que puede ocurrir debido a:

- Se desconoce el origen de la falla.
- proceso largo para identificar el origen.
- Se pierde tiempo de uso en el área crítica.
- Se generan reprogramaciones de cirugías o ingresos de pacientes al área, lo que puede derivar en mala reputación para el hospital.
- Se pueden llegar a dañar los equipos médicos.

El modulo detector de fallas por circuitos localiza inmediatamente y de manera automática en que circuito se encuentra la falla, por lo que es muy sencilla la reparación y sustitución del ramal afectado.



Figura 46. (a) Detector de fallas por circuito y (b) funcionamiento del sistema, localizando la falla.

3.- Sobrecarga de circuitos eléctricos derivados del tablero de aislamiento; es muy importante mantener solo los equipos conectados para los cuales fue diseñado el sistema, no deben conectarse cargas distintas, ya que pueden provocar sobrecarga por demanda de corriente y ocasionar daños en el sistema aislado, debido a:

- Cada circuito derivado de un tablero de aislamiento tiene una capacidad de 20 Amp.
- Conectar varios equipos por medio de extensiones o multicontactos puede saturar un circuito derivado.

Capítulo II.- Diseño del sistema aislado para la Unidad de Cuidados Intensivos Y Quirófano #1 en el Hospital de Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasús.

II.1 Introducción.

Teniendo en cuenta el análisis realizado sobre sistemas aislados de tierra, aplicado en instituciones de asistencia médica, con base en las normas (NOM-001-SEDE-2012; IEC, 2002; NFPA, 2021), se realiza el diseño de un sistema aislado con localizador de fallas, monitoreo de cargas del circuito aislado, monitoreo en tiempo real del tablero y monitoreo de la calidad de la energía, como propuesta para ser utilizado en la unidad de cuidados intensivos y/o en el quirófano #1 del Hospital del Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasús de la Ciudad de Villahermosa Tabasco, ya que se maneja el mismo principio de seguridad en ambos casos.

La diferencia en su aplicación radica en la disposición de equipos electromédicos que se usan en cada una de estas zonas médicas, lo que hace que cambie la potencia nominal del transformador de aislamiento para la demanda de carga instalada en ambos casos¹⁰.

Antes de realizar los cálculos correspondientes, debemos tener presente el diagrama unifilar del sistema eléctrico esencial con el que debe estar soportado un sistema aislado de tierra, teniendo como base la disposición dada en la Figura 49.

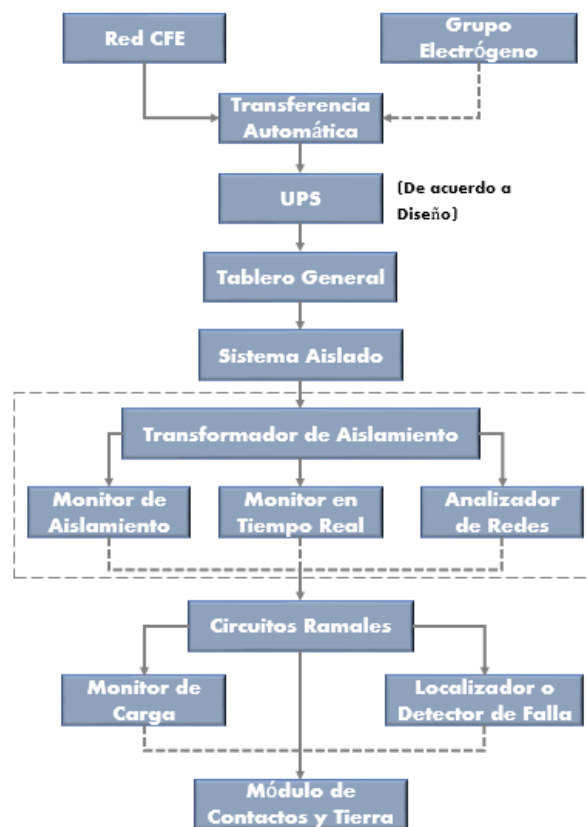


Figura 49. Sistema Eléctrico esencial ramal crítico. Fuente: Propia.

El sistema eléctrico esencial cuenta con el suministro de energía eléctrica de la red pública, respaldada por dos o más grupos electrógenos que pueden ser conmutados por medio de una transferencia automática; seguida de un sistema ininterrumpido de potencia (UPS) siempre y cuando sea requerido en diseño. A continuación de estas unidades de respaldo de energía, se ubica el tablero general de acometidas parciales, que contiene los totalizadores de cada uno de los tableros de aislamiento que componen el ramal crítico de una sala o varias salas de cirugía, o una unidad de cuidados

¹⁰ Fuente: Acosta, J. A. (2007). Estudio de diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital San Rafael de Leticia mediante la aplicación del retie. Bogotá: Universidad de La Salle.

intensivos. Por último, se ubica el tablero de aislamiento que lo conforma el transformador de aislamiento que alimenta cada uno de los dispositivos de control, monitoreo y los circuitos ramales, que alimentan a su vez las cargas esenciales, a través de módulos de fuerza y tierra para el caso del quirófano; y columnas o cabeceros para el caso de unidades de cuidados intensivos (Ver Figura 50).

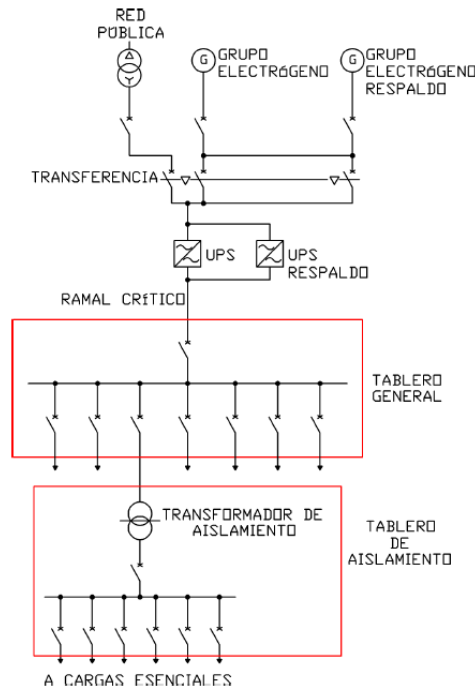


Figura 50. Sistema Eléctrico Esencial.

II.2 Diseño del sistema aislado para unidades de cuidados intensivos (UCI).

Las unidades de cuidados intensivos, son áreas primordiales para mantener con vida a los pacientes en estado crítico y que deben estar en constante revisión médica (Ver Figura 51).

La Secretaría de Salud, a través de la NOM-016-SSA3-2012 y la NOM-001-SEDE-2012 ha dispuesto algunos requerimientos mínimos con respecto a la conformación arquitectónica y de instalaciones eléctricas de una unidad de cuidados intensivos (UCI), (Ver Figura 52).

En la Figura 51, se observa la disposición de la unidad de cuidados intensivos del hospital en estudio, que debe disponer de varios recursos indispensables como instalaciones eléctricas, recurso hídrico, gases de uso medicinal como oxígeno y aire, con el fin de lograr la asistencia médica apropiada a los pacientes vinculados a este tipo de áreas críticas para su recuperación.

La unidad de cuidados intensivos cuenta con varios cubículos donde se ubican los pacientes, cuya dimensión mínima permitida es de 12 metros cuadrado; una estación de enfermería donde se ubica el punto central de supervisión de toda el área, que cuenta con sistemas de comunicación centralizada que le informan el estado del paciente que se encuentra en cada cubículo. En cada uno de estos cubículos, se ubica un cabecero o columna colgante donde se alojan los tomacorrientes pertenecientes a los circuitos ramales del sistema aislado, tomas de aire, tomas de oxígeno y vacío. La disposición de colocar las salidas eléctricas y de gases en una sola unidad (columna), se debe a la comodidad de la ubicación de los equipos electromédicos alrededor del paciente, que además, permite que los conectores eléctricos de los equipos no se ubiquen en el suelo, dando mayor espacio periférico a la cama del paciente¹¹.

Teniendo como referencia el diagrama de la Figura 49, el tablero general de la unidad de cuidados intensivos, debe estar respaldado por el grupo electrógeno y UPS, que garantizan el suministro de energía de forma continua, a todos los

¹¹ Fuente: Palanca, I., Sánchez, A., & Elola, J. (2010). Unidad de cuidados intensivos estándares y recomendaciones (Inf. Téc.). Ministerio de Sanidad y Política Social.

tableros de aislamiento que conforman el sistema aislado del área crítica. La ubicación de los tableros de aislamiento se realiza según la disposición arquitectónica de la unidad, aunque en varios casos se ubica un tablero de aislamiento adaptado en cada columna de cada cubículo, lo que permite reducir al máximo las longitudes de los circuitos ramales, y, por ende, se reducen las corrientes de fuga, además de permitir el control y monitoreo individual de cada cubículo.

A partir de la disposición arquitectónica de la Figura 52, se aplica el diseño de un sistema aislado, sobre uno de los cubículos de atención a pacientes en estado crítico. Para tal fin, se deben tener en cuenta los equipos electromédicos comunes en este tipo de áreas, esto para la posterior realización del cuadro de cargas correspondiente (ver Tabla 10, levantamiento efectuado en campo).



Figura 51. Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Juan Graham Casasús.

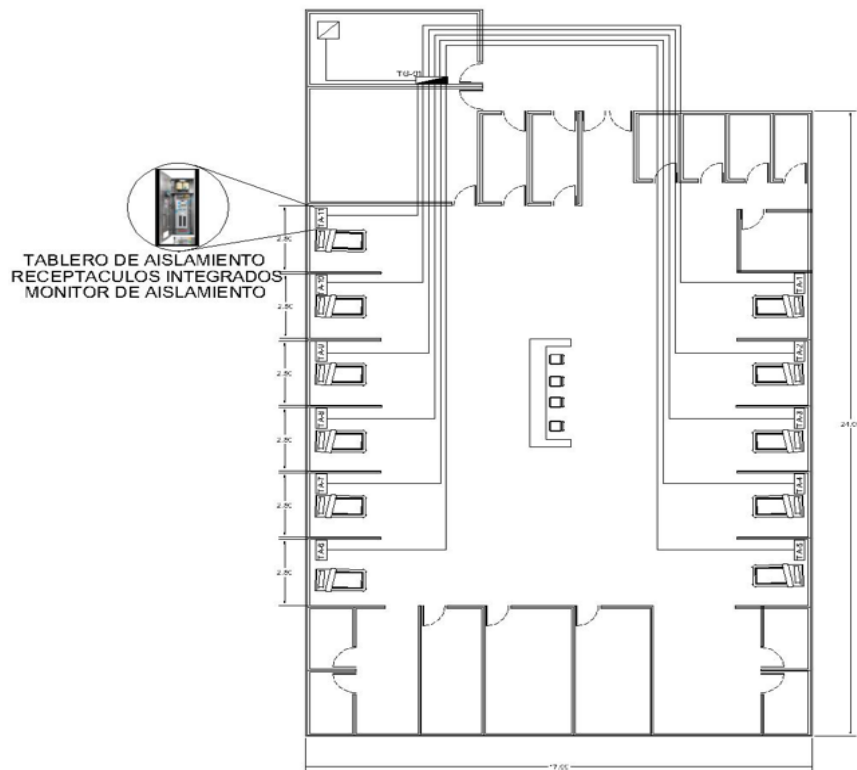


Figura 52. Disposición arquitectónica y distribución eléctrica.

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA VA	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL VA	CORRIENTE Amp	PROTECCION Amp
C-2	Bomba de Infusión	120	4	480	2	20
C-3	Incubadora	270	1	270	2.25	20
C-4	Ventilador	156	1	156	1.3	20
	Lámpara de fototerapia	108	1	108	0.9	
C-5	Colchón térmico	800	1	800	6.66	20
C-6	Per fusor	8	1	8	0.06	20
	Computadora	150	1	150	1.25	
	Calentador de fluidos	150	1	150	1.25	
POTENCIA TOTAL				2122		

Tabla 10. Cuadro de cargas, cubículo Unidad de Cuidados Intensivos. (la potencia y la corriente son datos de placa del equipo)

Para una disposición de 6 circuitos, cada uno con una protección de 2x20 Amp y teniendo en cuenta que el factor de demanda es del 100%, la carga total de todos los equipos electromédicos es de 2122 VA (ver Tabla 10); por lo tanto, la potencia nominal normalizada del transformador de aislamiento será de 3 kVA por cubículo, de acuerdo al Art. 517-160 punto 6 nota 1 de la NOM-001-SEDE-2012. Sin embargo, se debe tener en cuenta la Tabla 11, que establece que el transformador de aislamiento debe suministrar el 150 % de su capacidad nominal para cargas intermitentes NOM-001-SEDE-2012.

NFPA 99	IEC 6034-7-710	NTC 2050	NOM-001-SEDE-2012
Debe ser homologado para su propósito	Debe instalarse cerca de las ubicaciones médicas y en armarios para evitar el contacto accidental	Un transformador de aislamiento no debe servir para más de un quirófano o una uci	Cuenta con un aislamiento clase "H" y suministra potencia al 150% de la nominal para cargas intermitentes para mantener la corriente de fuga menor al 5 mA
El bobinado primario se conecta a una fuente de modo que no se energiza con más de 600V	La tensión en el lado secundario no puede exceder los 250 V ca	La Tensión del primario y del secundario del transformador no debe ser superior a 600V.	La tensión en el secundario no debe exceder 250 V
La pantalla electrostática deberá estar conectada a la toma de tierra	Debe conectarse la pantalla del metal del transformador de aislamiento a la barra de tierra	Si hay un blindaje electrostático se debe conectar al punto de referencia de puesta a tierra	
	La corriente de fuga del secundario y la carcasa, puestos a tierra sin carga no debe exceder los 0.5 mA		Para Áreas críticas las corrientes de fuga son muy bajas del orden de microamperios
	La potencia nominal no debe ser inferior a 0.5 kva y no debe exceder los 10 kva	La potencia máxima de 10 kva para cumplir los requisitos de impedancia	No debe tener una potencia inferior a 0.5 kva ni mayor a 10 kva para Áreas críticas 25 kva para rayos "X"

Tabla 11. Características del transformador de aislamiento de acuerdo a la normativa internacional, nacional y especificaciones de los fabricantes.

Por lo tanto, el valor de potencia a tener en cuenta se calcula en la Ecuación 1:

$$P_t = P_n * 1.5$$

$$P_t = 3kvA * 1.5$$

$$P_t = 4.5kvA$$

Donde:

$$P_t = \text{Potencia total}$$

$$P_n = \text{Potencia nominal del transformador}$$

Teniendo en cuenta este valor, se realizan los cálculos correspondientes para el sistema aislado, a partir de un transformador de aislamiento tipo H de 208/120 V, frecuencia 60 Hz.

Cálculos correspondientes al secundario del transformador, para una tensión de 120 Vac; la corriente total se calcula en la Ecuación 2:

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

$$I = \frac{4500VA}{120V}$$

$$I = 37.5 \text{ Amp}$$

Donde:

$$I = \text{Corriente}$$

$$P = \text{Potencia}$$

$$V = \text{Tensión}$$

Para una corriente total de 37.5 A, el dispositivo de protección normalizado, para las líneas aisladas 1 y 2, es de 2x40 A y según la Tabla 12, para un tipo de aislamiento XHHW-2, sería adecuado utilizar una acometida parcial cal. 10 AWG en cobre que soporta hasta 40 Amp a 90 grados centígrados y un conductor de puesta a tierra cal. 10 AWG THHN/THWN (ver Tabla 13). Además de las protecciones de cada circuito ramal, el sistema debe contar con un monitor de aislamiento y un localizador de fallas, tal como se ha descrito en el análisis de los sistemas aislados, para su constante monitoreo.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor (véase la tabla 310-104(a))					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
mm²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEFB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18**	--	--	14	--	--	--
1.31	16**	--	--	18	--	--	--
2.08	14**	15	20	25	--	--	--
3.31	12**	20	25	30	--	--	--
5.26	10**	30	35	40	--	--	--
8.37	8	40	50	55	--	--	--
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	100	130	155	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	260
152	300	240	285	320	195	230	230
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	655	750	470	560	630

*Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30°C.
**Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Tabla 12. Ampacidades permisibles en conductores asilados hasta 2000 volts y 60 a 90°C: No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados basados en una temperatura de 30°C. Fuente: NOM-001-SEDE-2012, TABLA 310-15(b)(16).

Tamaño del mayor conductor a la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a				Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra			
COBRE		Aluminio		COBRE		Aluminio ^b	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33.6 o menor	2 o menor	53.50 o menor	1/0 o menor	8.38	8	13.3	6
42.4 o 53.5	1 o 1/0	67.40 o 85.00	2/0 o 3/0	13.3	6	21.	4
67.4 o 85.0	2/0 o 3/0	107 o 127	4/0 o 250	21.2	4	33.6	2
Más de 85.0 a 177	Más de 3/0 a 350	Más de 127 a 253	Más de 250 a 500	33.6	2	53.5	1/0
Más de 177 a 304.0	Más de 350 a 600	Más de 253 a 456	Más de 500 a 900	53.5	1/0	85.0	3/0
Más de 304 a 557.38	Más de 600 a 1100	Más de 456 a 887	Más de 900 a 1750	67.4	2/0	107	4/0
Más de 557.38	Más de 1100	Más de 887	Más de 1750	85.0	3/0	127	250

Cuando no hay conductores de acometida, el tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra se deberá determinar por el tamaño equivalente del conductor más grande de acometida requerido para la carga a alimentar.

^a Esta tabla también aplica para los conductores derivado de sistemas derivados separados de corriente alterna.

^b Ver 250-64(a) para restricciones de la instalación.

Tabla 13. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. Fuente: NOM-001-SEDE-2012. Tabla. 250-66.

Cálculos correspondientes al primario del transformador, a partir de la Ecuación 2; y para una tensión de 208 Vac, la corriente total se calcula en la Ecuación 3.

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

$$I = \frac{4500VA}{208V}$$

$$I = 21.63 \text{ Amp}$$

Donde:

$I = \text{Corriente}$

$P = \text{Potencia}$

$V = \text{Tensión}$

Para una corriente total de 21.63 A, se puede asignar una protección de 2x30 A y según la tabla 12 corresponde una acometida cal. 10 AWG THHN/THWN en cobre que soporta hasta 40 Amp y para la puesta a tierra un conductor eléctrico calibre 10 AWG THHN/THWN (ver Tabla 13). Y de acuerdo al artículo 215-2 nota 2 (NOM-001-SEDE-2012), se debe tener en cuenta la caída de tensión para poder determinar el calibre de los conductores de la acometida del sistema aislado de cada cubículo, que es máximo del 3 %; y que se puede calcular a partir de la Ecuación 4, para una regulación de tensión fase-fase:

$$\Delta V = \frac{2 * \sqrt{3} * Z * L * I}{V}$$

Donde:

$\Delta V = \text{Caída de tensión}$

$Z = \text{Impedancia eficaz del cable}$

$L = \text{Longitud de la acometida}$

$I = \text{Corriente total de la acometida}$

$V = \text{Tensión nominal}$

A partir de la Ecuación 4 se puede determinar la longitud máxima permisible de la acometida a través de la Ecuación 5:

$$L = \frac{\Delta V * V}{2 * \sqrt{3} * Z * I}$$

$$L = \frac{0.03*208V}{2*\sqrt{3}*3.6\frac{\Omega}{km}*21.6Amp} = 0.02319 km$$

Para nuestro cálculo, la longitud máxima de la acometida (expresión 5), se determina con una caída de tensión máxima permitida ΔV del 3 %, una tensión nominal V de 208 Vca, una corriente I calculada en la expresión 3 de 21.63 A y una impedancia eficaz para el calibre 10 AWG en un tubo conduit de acero galvanizado, de 3.6 Ω/km ; para un F.P. de 0.85 ver Tabla 14.

Área mm²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro													
		X _i (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP=0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP=0.85 para conductores de aluminio		
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	---	---	---	8.9	8.9	8.9	---	---	---
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	---	---	---	5.6	5.6	5.6	---	---	---
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	---	---	---	3.6	3.6	3.6	---	---	---
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	---	---	---	2.26	2.26	2.26	---	---	---
13.3	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36
21.2	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51
26.7	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.31	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21
33.6	2	0.148	0.187	0.62	0.62	0.62	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98
42.4	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.18	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.18	0.138	0.151

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del Conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia solo son válidos a 75°C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600V que operan a 60 HZ.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$, en donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla solo son válidos con un factor de potencia de 0.85.

Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Ze) se puede calcular a partir de los valores de R y XL dados en esta tabla, como sigue: $Ze = R \times FP \div X_L \sin[\arccos(FP)]$

Tabla 14. Resistencia y Reactancia de corriente alterna para los cables para 600V, 3 fases a 60 HZ y 75°C. Tres conductores individuales en un tubo Conduit. Fuente: Cap. 10, Tabla 9 NOM-001-SEDE-2012.

$$L = 0.02319 \text{ km}$$

6

$$L = 23.19 \text{ mts}$$

Lo cual indica que a 23 metros máximo de distancia del tablero general se deberá colocar el ultimo tablero de aislamiento.

En la Figura 54, se muestra el diagrama unifilar de un tablero aislado para cada uno de los cubículos, a partir de los cálculos realizados en el lado primario y en el lado secundario del transformador de aislamiento.

Para la disposición arquitectónica de la Figura 52, se deben disponer de 11 tableros de aislamiento (uno por cada cubículo), cada uno con las mismas características técnicas descritas en el diagrama unifilar de la Figura 53.

Todas las acometidas parciales de cada uno de los tableros de aislamiento se derivan de un tablero general de acometidas (TGA-1), (Ver Figura 53).

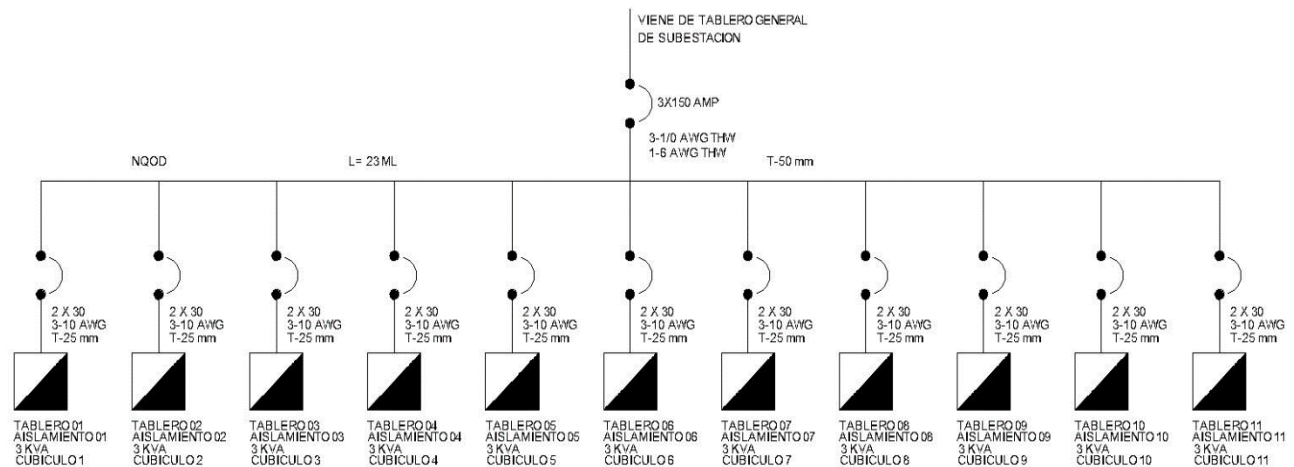


Figura 53. Diagrama unifilar del Tablero General de la Unidad de Cuidados Intensivos.

El tablero general de acometidas contiene los 11 circuitos uno para cada tablero de aislamiento con interruptor derivado de 2x30 Amp. El cálculo de la corriente total del tablero general de acometidas, se realiza a partir de la suma de cada potencia al 150 % de la nominal por el número de cubículos sobre la tensión nominal para un sistema trifásico.

Ecuación 7:

$$I = \frac{(P_n * 1.5) * \text{No. de cubiculos}}{V_n * \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{(3kVA * 1.5) * 11}{208V * \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{49.5kVA}{359.84}$$

$$I = 137.56 \text{ Amp}$$

Para una corriente total de 137.56 Amp, el interruptor del tablero general de acometidas corresponde a un valor normalizado de 3 polos-150 A.

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 12, se puede asignar una acometida de 3 conductores, cal. 1/0 AWG THHN/THWN en cobre, con un conductor de neutro de calibre 1/0 AWG y un conductor de puesta a tierra calibre 6 AWG (ver Tabla 13); y para una potencia aparente de 49.5 kVA (ver Ecuación 7), se puede asignar un sistema UPS de 65 KVA de valor normalizado.

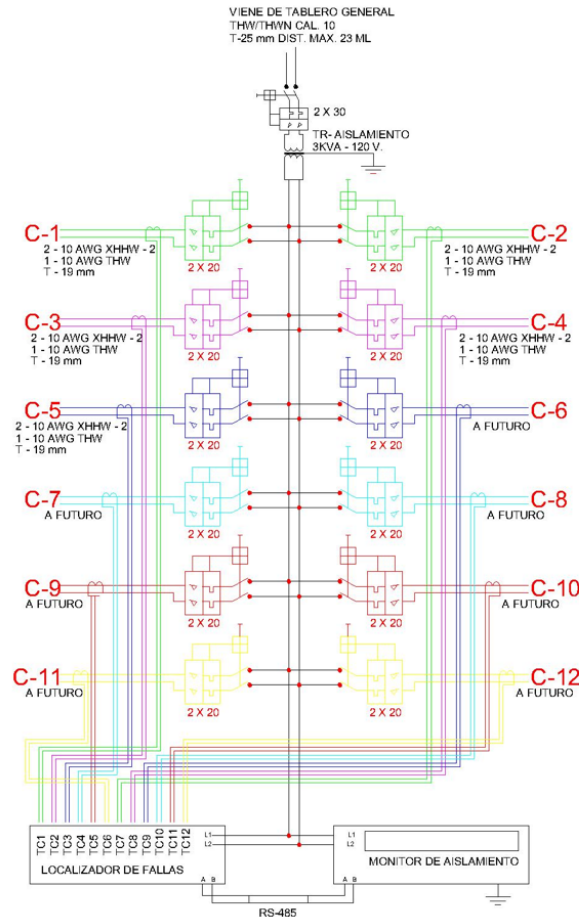


Figura 54. Diagrama de conexiones del tablero de aislamiento para un Cubículo de la Unidad de Cuidados Intensivos.

Los cálculos para la selección del tablero son los especificados en las secciones I.2.2.- Cálculo de la corriente de fuga para el sistema, I.2.3.- Corriente de fuga del Tablero, y, I.2.3.1.- Cantidad máxima a utilizarse de conductor de baja corriente de fugas por todos los circuitos derivados. Por lo tanto, la especificación del tablero de aislamiento para este caso será como se indica a continuación.

1. Tablero de aislamiento distribución 3 kva, Tensión primaria 208 Volts, Tensión secundaria 120 Volts con interruptor principal en lado primario de 2 polos 30 amps y con 6 derivados lado secundario de 2 polos 20 amps, con los siguientes elementos integrados:
 - Transformador de aislamiento clase H, de 2 piernas con barrera electrostática puesta a tierra que separa el primario del secundario. Diseñado para operar con corrientes de fugas muy pequeñas y funcionamiento silencioso de 3 kva primario 208 Volts y secundario 120 volts.
 - Monitor de aislamiento, *pantalla LCD**, bitácora de eventos y alarma, baja corrientes de fuga, por debajo de 25 micro-Amperes, nivel de alarma de 5 o 2 miliamperes, sensibilidad del monitor por pérdida de tierra, medición analógica y digital y lámpara indicadora *LEDs**.

* Ver definición en el Glosario.

- Centro de carga conforme con los requisitos de la NOM-001-SEDE-2102 (Art 517), interruptores de 2 polos, interruptor general y capacidad de hasta 16 derivados.
- Puerta con chapa.
- Compartimiento para alambrado eléctrico formado por una mampara fija a chasis del tablero.
- Bloque de terminales para conexión de conductores de tierra remotos.
- Barra de tierra para conectar todo conductor de puesta a tierra.
- Caja de lámina de acero galvanizado para servicio pesado, para empotrar o sobreponer en muro.
- El chasis se monta dentro de la caja o gabinete, así como el transformador de aislamiento, el monitor de aislamiento, módulo de detección de fallas, módulo para monitoreo del sistema, módulo sensor de carga y analizador de calidad de la energía y centro o interior de carga del panel.
- El frente será de acero inoxidable cal. 14 aleación 304 acabado y pulido, grado médico.
- Módulo de contactos remotos compuesto por 6 receptáculos grado hospital GFCI, los cuales, se recomiendan que estén lo más cerca posible al tablero de aislamiento, para evitar corrientes de fuga debido a la capacitancia. En este caso solo será un módulo de contacto de 6 derivados, la distancia del módulo no deberá superar los 149.9 metros indicados en la sección I.2.3.1, distribuidos en los 6 circuitos derivados.

La instalación deberá cumplir todo lo especificado en el artículo 517-160 de la NOM-001-SEDE-2012 y la ubicación del tablero de aislamiento y cada toma corriente de acuerdo a lo indicado en la NOM-016-SSA3-2012.

Es muy importante hacer las pruebas indicadas en el capítulo I.2.5, antes de operar el sistema por vez primera.

II.3 Diseño del sistema aislado para Quirófano.

Se realizará el diseño para el quirófano indicado en la Figura 55. De igual manera, se realizan los cálculos correspondientes para designar el transformador de aislamiento, para el área de quirófano, con los respectivos equipos electromédicos comunes en este tipo de áreas, tal como se muestran en el cuadro de cargas de la Tabla 15.

Recordando que las salas de cirugía son las zonas de los hospitales, donde se realizan intervenciones quirúrgicas, reanimación y anestesia, a pacientes que se encuentran en estado de emergencia por diferentes circunstancias. Es por ello que es de vital importancia contar con un sistema aislado, para garantizar la continuidad del servicio eléctrico, que represente la protección de los pacientes y el personal médico, la protección de los equipos electromédicos del área y la disipación de cargas estáticas que se puedan generar. Para lograr integrar el sistema aislado, se debe partir de la organización estructural típica de una sala de cirugía.

Para esto, igual que en el caso de unidades de cuidados intensivos, la Secretaría de salud mediante la Norma Oficial Mexicana la NOM-016-SSA3-2012 y la NOM-001-SEDE-2012, han determinado los requerimientos necesarios que debe tener una estructura básica de una sala de cirugía.

Según las especificaciones técnicas establecidas, las salas de cirugía deben contar con una altura mínima de 2.8 m, un área mínima útil de 20 metros cuadrados y debe contar con una puerta de vaivén de 1.5 m de ancho como mínimo. Según el área establecida, se debe asignar la ubicación de toda la instalación eléctrica, que debe cumplir con varios criterios; relacionados a continuación:

- Debe contar con un tablero de aislamiento, que a través de sus circuitos derivados se puedan instalar los equipos electromédicos en torno al paciente y que están en contacto directo con este. Deben estar instalados lo más cerca o incluso dentro de las salas de cirugía, para reducir las corrientes de fuga y además de contar con indicadores remotos provenientes del monitor de aislamiento de línea que indiquen el estado actual del sistema.
- Debe contar con lámparas cielíticas que también deben estar protegidas por un sistema aislado, en ocasiones cada lámpara cuenta con pequeños transformadores de aislamiento.

- La resistencia eléctrica entre el sistema de puesta a tierra y los receptáculos de tierra, debe ser menor a 0.2 Ω .
- Debe disponer de varios módulos que contengan receptáculos de tierra conectados equipotencialmente, ubicados de forma radial, para poder conectar las partes conductoras no portadoras de corriente de equipos electromédicos.
- Debe tener los módulos de fuerza requeridos, integrados por tomacorrientes grado hospitalario, ubicados a una altura mínima de 1.5 m y de forma radial para la conexión de equipos electromédicos, (Ver Figura 56).

De la Tabla 15, levantamiento efectuado en campo quirófano #1, se ha obtenido una potencia aparente total de 7 378 VA, por lo tanto, se puede asignar un transformador de aislamiento normalizado de 7.5 kVA tipo H de 208/120 Vac, frecuencia 60 Hz.

A partir de la ecuación 8, se calcula el 150 % de la potencia nominal.

CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA VA	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL VA	CORRIENTE Amp	PRTECCION Amp.
C-1	Monitor de Signos Vitales	240	1	240	1.82	20
	Computadora	150	1	150	1.25	
	Lámpara de Examinación	140	1	150	0.91	
C-2	Bomba de Infusión	120	1	120	0.91	20
	Bomba de Infusión	35	2	70	0.58	
	Mesa de Cirugía	600	1	600	5.45	
C-3	Litotriptor Camilla	378	1	378	3.64	20
	Litotriptor Control	600	1	600	5.45	
	Microscopio	210	1	210	1.82	
C-4	Litotriptor Equipo	1200	1	1200	10.91	20
	Litotriptor Monitor	120	1	120	1	
C-5	Unidad de Electrocirugía B1800 Deltronixi	1080	1	1080	10	20
	Electrobisturi	960	1	960	9.09	
C-6	Máquina de circulación Extracorpórea	1500	1	1500	13.64	20
Potencia Total				7378		

Tabla 15. Cuadro de cargas quirófano, levantamiento efectuado en campo.

$$P_t = P_n * 1.5$$

$$P_t = 7.5kVA * 1.5$$

$$P_t = 11.25kVA$$

Donde

$$P_t = \text{Potencia total}$$

$$P_n = \text{Potencia nominal del transformador}$$

Calculo correspondiente al secundario del transformador, para una tensión de 120 Vca; la corriente total se calcula según la ecuación 9:

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

$$I = \frac{7500VA * 1.5}{120V}$$

$$I = 93.75 \text{ Amp}$$

Donde:

$I = \text{Corriente}$

$P = \text{Potencia}$

$V = \text{Tensión}$

Para una corriente total de 93.75 Amps se puede usar una protección de 3 polos-100 amps, y según la Tabla 12, le corresponde una acometida con conductor XHHW-2 cal. 2 AWG de cobre que soporta hasta 115 amps; y para la puesta a tierra un conductor cal. 6 awg de acuerdo a la Tabla 13.

Cálculos correspondientes al primario del transformador, para una tensión de 208 Vca la corriente total; se calcula en la ecuación 10:

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

$$I = \frac{7500VA * 1.5}{208V}$$

$$I = 54.08 \text{ Amp}$$

Para un valor de corriente total de 54.08 Amps, se asigna una protección de 2P-60 Amps y según la Tabla 12, se asigna una acometida con conductor THWN/THW en cal. 6 AWG en cobre y para la puesta a tierra podemos asignar un conductor cal. 10 AWG, según Tabla 13.

A partir de la ecuación 11, se calcula la longitud máxima de la acometida para mantener una caída de tensión máxima del 3%, para una acometida con conductor THWN/THW cal. 6 AWG cuya impedancia es 1.48 Ohms/Km, canalizado en tubería de acero galvanizada, de acuerdo a la Tabla 14.

$$L = \frac{\Delta V * V}{2 * \sqrt{3} * Z * I}$$

$$L = \frac{0.03 * 208V}{2 * \sqrt{3} * 1.48 \frac{\Omega}{km} * 54.08Amp}$$

$$L = 0.0225 \text{ km}$$

ó

$$L = 22.53 \text{ mts}$$

Donde:

$\Delta V = \text{Caida de tensión}$

$Z = \text{Impedancia eficaz del cable}$

$L = \text{Longitud de la acometida}$

$I = \text{Corriente total de la acometida}$

$V = \text{Tensión nominal}$

Lo cual indica que a 22.5 metros máximo de distancia del tablero general, se deberá colocar el tablero de aislamiento.

A partir de los datos obtenidos, se realiza el diagrama unifilar del sistema aislado para la sala de cirugía (quirófano), el cual se puede observar en la Figura 55; y para la Ubicación del Tablero en el quirófano de acuerdo a los cálculos realizados se muestra el plano en la Figura 56.

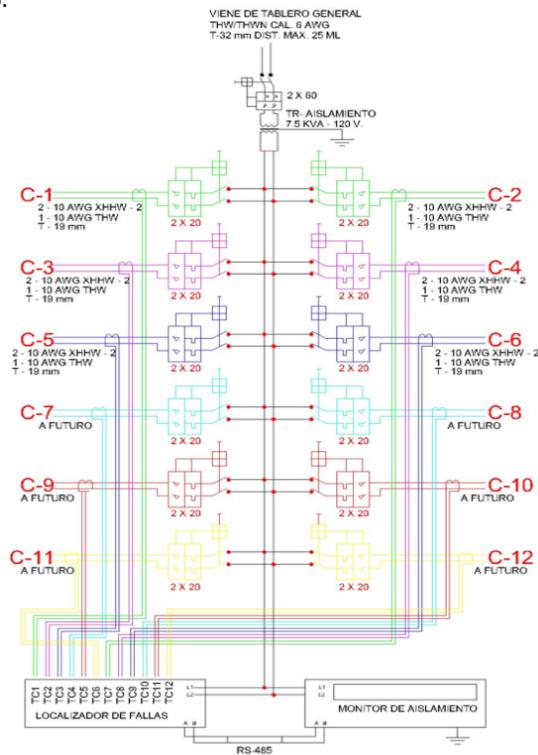


Figura 55. Diagrama Unifilar de la sala de cirugía

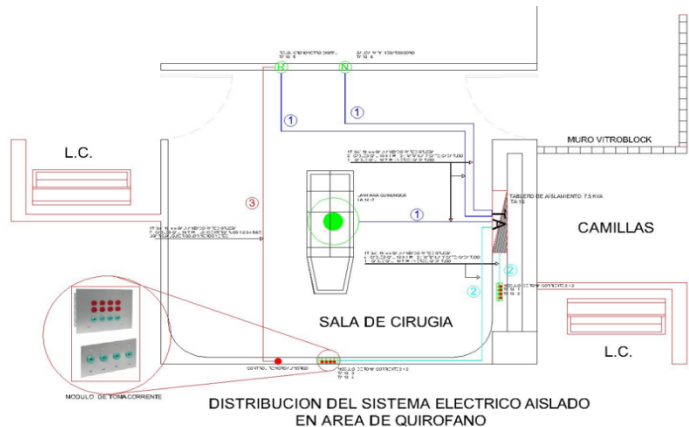


Figura 56. Plano Eléctrico del quirófano; obsérvese la ubicación del Tablero de aislamiento.

Por lo tanto, la especificación del tablero de aislamiento para este caso será como se indica a continuación; se deberán tomar las mismas consideraciones descritas en el punto II.2 para la selección del tablero.

2. Tablero de aislamiento distribución 7.5 kva, Tensión primaria 208 Volts, Tensión secundaria 120 Volts con interruptor principal en lado primario de 2 polos 60 amps y con 6 derivados del lado secundario de 2 polos 20 amps, con los siguientes elementos integrados:

- Transformador de aislamiento clase H, de 2 piernas con barrera electrostática puesta a tierra que separa el primario del secundario. Diseñado para operar con corrientes de fugas muy pequeñas y funcionamiento silencioso de 7.5 kva primario 208 Volts y secundario 120 volts.
- Monitor de aislamiento, pantalla LCD, bitácora de eventos y alarma, baja corrientes de fuga, por debajo de 25 micro-Amperes, nivel de alarma de 5 o 2 miliamperes, sensibilidad del monitor por pérdida de tierra, medición analógica y digital y lámpara indicadora LEDs.
- Centro de carga conforme con los requisitos de la NOM-001-SEDE-2102 (Art 517), interruptores de 2 polos, interruptor general y capacidad de hasta 16 derivados.
- Puerta con chapa.
- Compartimiento para alambrado eléctrico formado por una mampara fija a chasis del tablero.
- Bloque de terminales para conexión de conductores de tierra remotos.
- Barra de tierra para conectar todo conductor de puesta a tierra.
- Caja de lámina de acero galvanizada para servicio pesado, para empotrar o sobreponer en muro.
- El chasis se monta dentro de la caja o gabinete, así como el transformador de aislamiento, el monitor de aislamiento y centro o interior de carga del panel.
- El frente será de acero inoxidable Cal. 14 aleación 304 acabado y pulido, grado médico.
- Módulo de contactos remotos compuesto por 6 receptáculos grado hospital GFCI, los cuales, se recomiendan que estén lo más cerca posible al tablero de aislamiento, para evitar corrientes de fuga debido a la capacitancia.

La instalación deberá cumplir todo lo especificado en el artículo 517-160 de la NOM-001-SEDE-2012 y la ubicación del tablero de aislamiento y cada toma corriente de acuerdo a lo indicado en la NOM-016-SSA3-2012; (Ver Figura 56).

Es muy importante hacer las pruebas indicadas en el capítulo I.2.5, antes de operar el sistema por vez primera.

II.4 Pruebas y Evaluación

En ambos casos concluimos con la especificación del tablero, sin embargo, fue muy importante implementar un prototipo para confirmar las especificaciones aquí asentadas, ya que estas debían adecuarse a los productos comerciales que existen en el mercado nacional e internacional.

A continuación, se describe la evaluación del desempeño del prototipo diseñado.

A partir del diseño realizado y de acuerdo a la Figura 51, del sistema aislado (tablero de aislamiento), se hace la instalación de un prototipo en la unidad de cuidados intensivos (**uci**), para la implementación de sistema a través del tablero, en el cual se utilizaron los siguientes equipos eléctricos, cuyas características técnicas se muestran a continuación:

Transformador de aislamiento:

- Potencia nominal: 3 kVA
- Tensión nominal: 115/115 VAC
- Frecuencia: 60 Hz
- Clase: H

Monitor de aislamiento de línea:

- Tensión nominal: 100-240 VAC
- Frecuencia: 50-60 Hz
- Potencia nominal: $\leq$ a 22 VA
- Corriente de fuga THC: 2 mA/5 mA
- Resistencia interna: $\geq$ 1.5 M Ω
- Corriente de fuga: 60/95 μ A

Localizador de fallas de aislamiento:

- Tensión nominal: 100-250 VAC
- Frecuencia: 42-460 Hz
- Potencia nominal: $\leq$ a 10 VA
- Respuesta de localización: 0-24 s

Módulo de monitoreo en tiempo real de equipos:

- Tensión nominal: 100-250 VAC
- Frecuencia: 42-460 Hz
- Potencia nominal: $\leq$ a 10 VA
- Respuesta de localización: 0-24 s

Evaluador de corrientes de caga:

- Tensión nominal: 100-250 Vac
- Frecuencia: 42-460 Hz
- Potencia nominal: $\leq$ a 10 VA
- Respuesta de localización: 0-24 s

Equipo de medición, multímetro Kyuritsu mod.c-300, Certificado

- Medición tensión AC: 0.2V/2V/20V/200V $\pm$ 1.5 %
- Medición corriente AC: 200 μ A $\pm$ 1.5%, 2mA/20mA/200mA $\pm$ 1.8 %
- Medición resistencia: 200 Ω /2k Ω /20k Ω /200k Ω /2M Ω $\pm$ 1.2 %, 20M Ω $\pm$ 2 %

Una vez se ha realizado el montaje eléctrico del prototipo de un sistema aislado (Ver Figura 57), se realizan las pruebas eléctricas que permiten establecer el correcto funcionamiento del sistema.

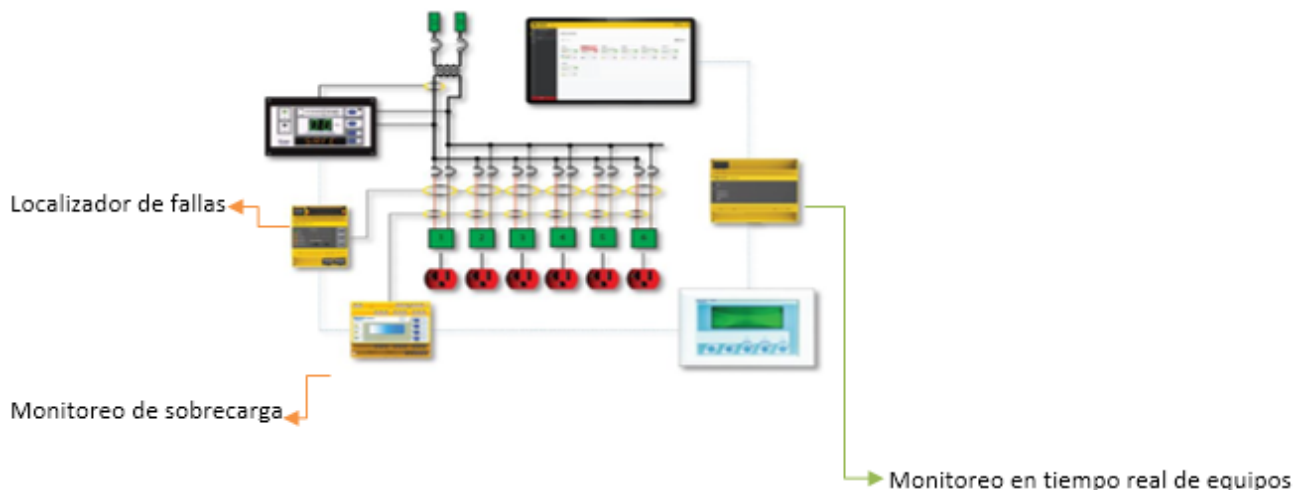


Figura 57. Prototipo del sistema, para UCI y para Quirófano, diferencia entre ambos es la capacidad del transformador de aislamiento, todo el accesorio será alojado en el gabinete del tablero de aislamiento.

Mediciones de resistencia de aislamiento.

Después de realizar las pruebas de continuidad de todo el sistema, se realiza la medición de la impedancia entre cada una de las líneas aisladas y tierra, obteniendo valores similares de impedancia por lo que se puede deducir que el sistema está equilibrado, los datos están consignados en la tabla 16.

Pero un dato muy importante a tener en cuenta, que las impedancias están en el orden de los mega ohms (ver Tabla 16) incluso mayor a los 1,2 MΩ, lo que indica que efectivamente se cuenta con un sistema en el cual las dos líneas L1 y L2 están aisladas del sistema de puesta a tierra.

Impedancia entre línea 1 y tierra (Mega Ohms)	Impedancia entre línea 2 y tierra (Mega Ohms)
2.184± 0.043	2.183± 0.043

Tabla 16. Valores medidos de Impedancia en el sistema.

Pruebas de funcionamiento de alarmas visuales y sonoras de los dispositivos de monitoreo del sistema aislado:

Una vez que se ha energizado el sistema aislado, se debe comprobar que las señales de emergencia del monitor de aislamiento de línea y el localizador de fallas funcionan correctamente.

Para comprobar su funcionamiento, se realizaron pruebas de cortocircuito, que consisten en realizar una conexión provisional entre alguna de las líneas aisladas y tierra, con el fin de simular una falla. Posteriormente, se verifica si el monitor de aislamiento de línea activa las señales sonora y visual. El monitor cuenta con un display que muestra la línea asociada con la falla, por lo que se debe verificar si se cumple con esta función.

Con respecto al localizador, se debe verificar si el circuito que muestra en su display, coincide con el circuito donde se presenta la falla de aislamiento.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se muestran en la Tabla 17:

Circuito	Línea puesta a Tierra	Monitor de aislamiento de Línea			Localizador de fallas, circuito que presenta la falla
		Indicadores			
		Visual	Sonora	Línea con falla a Tierra	
C-1	L1	SI	SI	L1	1
	L2	SI	SI	L2	1
C-2	L1	SI	SI	L1	2
	L2	SI	SI	L2	2
C-3	L1	SI	SI	L1	3
	L2	SI	SI	L2	3
C-4	L1	SI	SI	L1	4
	L2	SI	SI	L2	4
C-5	L1	SI	SI	L1	5
	L2	SI	SI	L2	5
C-6	L1	SI	SI	L1	6
	L2	SI	SI	L2	6
C-7	L1	SI	SI	L1	7
	L2	SI	SI	L2	7
C-8	L1	SI	SI	L1	8
	L2	SI	SI	L2	8
C-9	L1	SI	SI	L1	9
	L2	SI	SI	L2	9
C-10	L1	SI	SI	L1	10
	L2	SI	SI	L2	10
C-11	L1	SI	SI	L1	11
	L2	SI	SI	L2	11
C-12	L1	SI	SI	L1	12
	L2	SI	SI	L2	12

Tabla 17. Indicadores de prueba de emergencia en el sistema.

A partir de los datos obtenidos en la Tabla 17, se comprobó en cada uno de los circuitos, que los dos dispositivos funcionan correctamente, tanto en condiciones normales como en condiciones de falla en el sistema aislado.

Prueba de cortocircuito en línea 1:

Ahora se realizan las mediciones de tensiones línea-línea y línea-tierra, en condiciones normales y en condiciones de falla.

En primera instancia se realizó la medición de las tensiones L1-L2, L1-tierra y L2-tierra, en condiciones normales y para cada uno de los circuitos Tabla 18.

Como se puede observar, la tensión entre las líneas 1 y 2 se encuentra entre los 122.9±1.8 Vac y los 126.7±1.9 Vac, lo que indica que está en un rango aceptable de tensión de salida del transformador de aislamiento, teniendo en cuenta que la tensión nominal es de 115 Vac.

Circuito	Tensión L1-L2 (Vca)	Tensión L1-Tierra (Vca)	Tensión L2-tierra (Vca)
C1	123.8±1.9	55.3±0.8	71.3±1
C2	123.2±1.8	55.3±0.8	71.0±1
C3	123.3±1.8	55.1±0.8	71.1±1
C4	123.1±1.8	55.2±0.8	70.8±1
C5	122.9±1.8	55.2±0.8	71.0±1
C6	123.8±1.9	55.4±0.8	71.3±1
C7	126.1±1.9	56.6±0.8	72.0±1
C8	125.0±1.9	56.0±0.8	71.8±1
C9	125.2±1.9	56.4±0.8	71.6±1
C10	126.7±1.9	56.9±0.9	72.3±1
C11	126.5±1.9	57.0±0.9	72.3±1
C12	125.0±1.9	56.2±0.8	71.0±1

Tabla 18. Tensiones de línea, prueba 1.

Vemos además que la tensión entre la línea 1 y tierra que oscila entre 55.1±0.8 Vac y 57.0±0.9 Vac, es menor que el valor de la tensión entre la línea 2 y tierra, que oscila entre 70.8±1 Vac y 72.3±1 Vac. La suma aproximada de las tensiones entre L1-tierra y L2-tierra nos daría un valor aproximado al de la tensión en la fuente (Tensión L1-L2).

La diferencia entre estas tensiones significaría que el sistema no estaría en equilibrio. Sin embargo, los datos de impedancia de las líneas a tierra (ver Tabla 16), indican que son similares, por lo tanto, el sistema está en equilibrio. Pero hay que tener en cuenta, que el monitor de aislamiento vigila cada una de las líneas aisladas a través de una impedancia interna de 1.2 mega-ohms (MΩ) que está puesta a tierra, que influye dentro del sistema y que puede generar esta diferencia de tensiones.

Al realizar la prueba de cortocircuito entre la línea 1 y tierra de cada uno de los circuitos, se obtuvieron los datos consignados en la Tabla 19.

Circuito	Tensión L1-L2 (Vca)	Tensión L1-Tierra (V ca)	Tensión L2-tierra (V ca)
1	123.2±1.8	0.003±0	123.9±1.9
2	123.3±1.8	0.003±0	123.2±1.8
3	123.0±1.8	0.003±0	123.0±1.8
4	123.6±1.8	0.003±0	123.5±1.9
5	122.4±1.8	0.003±0	122.7±1.8
6	123.6±1.9	0.003±0	123.6±1.9
7	125.6±1.9	0.003±0	125.2±1.9
8	125.0±1.9	0.003±0	125.4±1.9
9	126.3±1.9	0.003±0	126.2±1.9
10	126.4±1.9	0.003±0	126.1±1.9
11	126.0±1.9	0.003±0	125.8±1.9
12	124.5±1.9	0.004±0	124.4±1.9

Tabla 19. Prueba de cortocircuito, línea 1.

Al observar los datos de la Tabla 19, al generar un cortocircuito entre la línea 1 y tierra, la tensión entre estos dos puntos es un valor cercano a 0 Vac (Tensión L1-tierra), y que la tensión entre L2 y tierra es similar a la de la fuente, es decir a la tensión entre L1 y L2 de 120 Vac.

Estos resultados indican que cuando se presenta una falla entre la línea 1 y tierra, el sistema no se ve vulnerado, ya que sobre la impedancia entre L2 y tierra cae toda la tensión de la fuente, por lo tanto, la corriente que fluye es muy baja. A partir de esta prueba, se pudo comprobar la eficiencia del sistema aislado de tierra, cuando se presenta una primera falla, tal como se describió anteriormente.

Prueba de cortocircuito en línea 2:

Para la ejecución de la siguiente prueba, nuevamente se realizó la medición de tensiones línea a línea y tensiones línea-tierra (ver Tabla 20), obteniendo valores similares a los obtenidos anteriormente, se mantiene la diferencia entre las tensiones de las líneas con respecto a tierra.

Circuito	Tensión L1-L2 (V ca)	Tensión L1-Tierra (V ca)	Tensión L2-tierra (V ca)
1	123.1±1.8	55.2±0.8	71.2±1
2	123.4±1.9	55.0±0.8	71.3±1
3	123.7±1.9	55.1±0.8	71.1±1
4	123.7±1.8	55.2±0.8	71.1±1
5	122.1±1.8	54.7±0.8	70.9±1
6	123.2±1.9	55.7±0.8	71.9±1
7	125.4±1.9	56.0±0.8	70.9±1
8	125.3±1.9	56.5±0.8	71.8±1
9	126.4±1.9	56.7±0.9	72.2±1
10	126.7±1.9	56.4±0.8	71.8±1
11	126.2±1.9	56.1±0.8	71.6±1
12	124.3±1.9	56.0±0.8	70.9±1

Tabla 20. Tensiones de línea, prueba 2.

Al generar un cortocircuito entre la línea 2 y tierra, para cada uno de los circuitos derivados, la tensión en ambos puntos es cercano a los 0 Vac y la tensión de la fuente (L1-L2) recae sobre la impedancia entre la línea 1 y tierra, logrando así obtener el mismo comportamiento cuando se generó un cortocircuito entre la línea 1 y tierra (ver Tabla 21).

Circuito	Tensión L1-L2 (Vca)	Tensión L2-Tierra (Vca)	Tensión L1-tierra (Vca)
1	123.3±1.8	0.003±0	123.2±1.8
2	123.4±1.9	0.004±0	123.1±1.8
3	124.3±1.9	0.003±0	123.6±1.9
4	122.4±1.8	0.003±0	123.4±1.8
5	122.7±1.8	0.003±0	122.6±1.8
6	126.6±1.9	0.003±0	123.6±1.9
7	124.5±1.9	0.004±0	125.5±1.9
8	125.6±1.9	0.004±0	125.6±1.9
9	127.3±1.9	0.003±0	126.2±1.9
10	124.9±1.9	0.003±0	126.8±1.9
11	124.4±1.9	0.005±0	125.2±1.9
12	123.7±1.9	0.004±0	124.7±1.9

Tabla 21. Prueba de cortocircuito, línea 2.

II.5 Resultados del Diseño.

Después de haber realizado el diseño del sistema aislado, se puede determinar que no se presentan diferencias significativas, entre un sistema aislado aplicado en salas de cirugía y un sistema aislado aplicado en una unidad de cuidados intensivos, ya que sus diferencias radican solo en la potencia nominal en cada uno. Sin embargo, cabe destacar que en ambos casos se debe tener en cuenta factores externos, como por ejemplo el manejo de gases de uso medicinal y la disipación de carga estática, que pueden llegar a ocasionar un incendio, por lo que la altura de los módulos de contactos en ambos casos es un parámetro que hay que tener en cuenta.

Dentro del diseño del sistema aislado, se tuvo en cuenta el criterio de reducir al máximo las distancias de los circuitos derivados para minimizar las corrientes de fuga que pueda generar el cableado. Esto se logró a partir de una configuración, que permite incluir un tablero de aislamiento para cada cubículo, que conforma la unidad de cuidados intensivos. Todo el conjunto de tableros de aislamiento, son controlados por un tablero general y respaldados por una o varias UPS, y uno o varios grupos electrógenos.

Esta configuración permite realizar el control del sistema de forma individual en cada cubículo. En el caso de salas de cirugía u Operación, la disposición de los módulos de contactos requieren que los circuitos derivados sean de mayor longitud, pero no requiere de grandes áreas, por lo tanto, la generación de corrientes de fugas no son críticas y por ende no afectan el sistema aislado.

El montaje del sistema aislado a partir del prototipo construido, se caracterizó por pruebas realizadas que permitieron evidenciar un desempeño satisfactorio en el funcionamiento del sistema aislado, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento establecido en la NOM-001-SEDE-2012; IEC, 2002; NFPA-99; UPME, 2013. Se resalta que el uso de equipos certificados facilita la puesta en marcha y la solución de fallas de una manera más rápida y precisa, sin dejar de lado que lo fundamental de cualquier instalación eléctrica es garantizar la seguridad y el cuidado de la vida humana. Además, se pudo evidenciar a partir de las pruebas de corto circuito, que a pesar de presentarse una falla a tierra de alguna de las líneas aisladas, el sistema efectivamente cuenta con el respaldo de la impedancia a tierra, de la otra línea que no presenta la falla, por lo que recae en esta última, en un gran porcentaje la tensión de la fuente y por lo cual la corriente circundante en el sistema es muy baja. Por lo tanto, es notorio el aporte que da el sistema aislado, a la seguridad de pacientes y personal médico de un hospital

Por otro lado, al comparar los diferentes dispositivos existentes en el mercado de cuatro marcas reconocidas (Bender, Schneider, Dwppon Elektric y Post Glover), se observa que tanto Bender, Schneider y Dwppon Elektric, basados en la norma la IEC 6034-7-710, incluyen el localizador de fallas de aislamiento, mientras que en el caso de Post Glover (basado en la norma NFPA 99) y con base a la información recopilada, no se evidencia la implementación de localización de fallas dentro de un sistema aislado. Por lo tanto, Bender, Schneider y Dwppon Elektric, cuentan con varios dispositivos que ofrecen una mayor confiabilidad, mayor seguridad y vigilancia de sistemas aislados. Es necesario tener presente que se debe evitar la instalación de equipos o elementos que no cumplen con las normas, ya que pueden afectar la estructura del sistema, por lo tanto, se hace necesario el desarrollo e implementación de nuevos diseños con estándares de calidad óptimos y de fácil manejo.

II.6 Costos del proyecto.

En esta sección, se muestra a continuación un catálogo de conceptos relacionados con el levantamiento efectuado en campo, en él están indicados los precios actuales y los tipos de materiales usados para el diseño de cada uno de los proyectos presentados en la sección anterior. Es importante mencionar que los volúmenes ahí considerados son solamente para los diseños indicados, sin embargo, para cualquier otro proyecto estos servirán de referencia, adecuando los volúmenes de obra y algunos accesorios del sistema de acuerdo a las características del lugar de la instalación.

CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA DE ACUERDO AL LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS						
Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Precio con Ietra	Importe
ACOMETIDA EN BAJA TENSION DESDE EL TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION ELECTRICA						
1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.	ML	25.00	\$ 101.39	SON: (CIENTO UN PESOS 39/100 M.N.)	\$ 2,534.75
2	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR ROJO, NEGRO Y VERDE (23 METROS DE CADA COLOR), NEGRO Y ROJO FASES Y VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.	ML	69.00	\$ 24.77	SON: (VEINTICUATRO PESOS 77/100 M.N.)	\$ 1,709.13
3	SUMINISTRO E INSTALACION DE CURVA CED. 30 DE 3/4", INCLUYE: COPLER Y SISTEMA DE FIJACION.	PZA	4.00	\$ 178.30	SON: (CIENTO SETENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N.)	\$ 713.20
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 3/4 " DE DIAM. CON TAPA LADO DERECHO ESPECIFICACION LB-29.	PZA	2.00	\$ 174.67	SON: (CIENTO SETENTA Y CUATRO PESOS 67/100 M.N.)	\$ 349.34
5	SUMINISTRO E INSTALACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 30 AMPS, PARA ACOMETIDA DE TABLERO DE AISLAMIENTO, UBICADO EN UN CUBICULO DEL AREA DE TERAPIA INTENSIVA	PZA	1.00	\$ 737.52	SON: (SETECIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS 52/100 M.N.)	\$ 737.52
6	SUM E INST. DE BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" y 60 cms DE LONG PARA FORMAR SISTAM EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA.	PZA	1.00	\$ 466.33	SON: (CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 33/100 M.N.)	\$ 466.33
SUBTOTAL- ACOMETIDA EN BAJA TENSION DESDE EL TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION ELECTRICA						\$ 6,510.27
CIRCUITOS DERIVADOS (SISTEMA ELECTRICO AISLADO)						
7	TABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCION 3 KVA, TENSION PRIMARIA 208 VOLTS, TENSION SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 5 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS INTEGRADOS: • TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO CLASE H, DE 2 PIERNAS CON BARRERA ELECTROSTATICA PUESTA A TIERRA, QUE SEPARA EL PRIMARIO DEL SECUNDARIO. DISEÑADO PARA OPERAR CON CORRIENTES DE FUGAS MUY PEQUEÑAS Y FUNCIONAMIENTO SILENCIOSO DE 3 KVA PRIMARIO 208 VOLTS Y SECUNDARIO 120 VOLTS. • MONITOR DE AISLAMIENTO, PANTALLA LCD, BITÁCORA DE EVENTOS Y ALARMA, BAJA CORRIENTES DE FUGA, POR DEBAJO DE 25 MICRO-AMPERES, NIVEL DE ALARMA DE 5 O 2 MILIAMPERES, SENSIBILIDAD DEL MONITOR POR PERDIDA DE TIERRA, MEDICION ANALOGICA Y DIGITAL Y LAMPARA INDICADORA LED. • CENTRO DE CARGA CONFORME CON LOS REQUISITOS DE LA NOM-001-SEDE-2102 (ART 517), INTERRUPTORES DE 2 POLOS, INTERRUPTOR GENERAL Y CAPACIDAD DE HASTA 16 DERIVADOS. • PUERTA CON CHAPA. • COMPARTIMIENTO PARA ALAMBRAO ELECTRICO FORMADO POR UNA MAMPARA FLJA A CHASIS DEL TABLERO. • BLOQUE DE TERMINALES PARA CONEXION DE CONDUCTORES DE TIERRA REMOTOS. • BARRA DE TIERRA PARA CONECTAR TODO CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA. • CAJA DE LAMINA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIO PESADO, PARA EMPOTRAR O SOBREPONER EN MURO. • EL CHASIS SE MONTA DENTRO DE LA CAJA O GABINETE, ASI COMO EL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO, EL MONITOR DE AISLAMIENTO Y CENTRO O INTERIOR DE CARGA DEL PANEL. • EL FRENTE SERA DE ACERO INOXIDABLE CAL. 14 ALEACION 304 ACABADO Y PULIDO, GRADO MEDICO. • MODULO DE CONTACTOS REMOTOS COMPUESTO POR 6 RECEPTACULOS GRADO HOSPITAL GFCI, LOS CUALES, SE RECOMENDAN QUE ESTEN LO MAS CERCA POSIBLE AL TABLERO DE AISLAMIENTO, PARA EVITAR CORRIENTES DE FUGA DEBIDO A LA CAPACITANCIA.	PZA	1.00	\$ 334,216.03	SON: (TRESCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS DIECISEIS PESOS 03/100 M.N.)	\$ 334,216.03
8	INSTALACION DE MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS. 6DGH/CPA, A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 1 M.L. DE TABLERO DE AISLAMIENTO. INCLUYE: TODOS LOS ACCERIOS NECESARIO PARA SU FIJACION.	PZA	1.00	\$ 698.65	SON: (SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO PESOS 65/100 M.N.)	\$ 698.65
9	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.	ML	6.00	\$ 101.39	SON: (CIENTO UN PESOS 39/100 M.N.)	\$ 608.34
10	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG. CON CONTSANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA, COLOR NARANJA.	ML	5.00	\$ 98.22	SON: (NOVENTA Y OCHO PESOS 22/100 M.N.)	\$ 491.10
11	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG. CON CONSTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA, COLOR CAFE.	ML	5.00	\$ 98.22	SON: (NOVENTA Y OCHO PESOS 22/100 M.N.)	\$ 491.10
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE.	ML	5.00	\$ 24.77	SON: (VEINTICUATRO PESOS 77/100 M.N.)	\$ 123.85
13	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRA Y MONITOR DE 3/4", CON ADAPTADOR PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA REDUNDANTE.	PZA	8.00	\$ 94.14	SON: (NOVENTA Y CUATRO PESOS 14/100 M.N.)	\$ 753.12
SUBTOTAL- CIRCUITOS DERIVADOS (SISTEMA ELECTRICO AISLADO)						\$ 337,382.19
SON: (TRESCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS PESOS 48/100 M.N.)						Subtotal \$ 343,892.46

Figura 58. Catálogo de conceptos, de acuerdo al levantamiento físico, de una Unidad de Cuidados Intensivos.

Nota: El importe total de esta cotización será solo para un¹² cubículo del área de cuidados intensivos, por lo que deberá multiplicarse por 11 cubículos que son la cantidad que comprende toda la Unidad de Cuidados Intensivos. Siendo este, la cantidad de \$ 343,892.46x 11 = \$ 3'782,817.06 M.N. De acuerdo a la conversión del importe total de los 11 cubículos a dólares, tenemos: \$ 3'782,817.06 M.N / (\$19.902700¹³) = \$ 190,065.52 U.S.D.

¹² Ver Anexo 1. Precios unitarios de 1 cubículo, de la Unidad de Cuidado Intensivos.

¹³ Tipo de Cambio y Tasa del Dólar, de acuerdo al Diario Oficial de la Federación. (12 del 09 de 2022).

CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA DE ACUERDO AL LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO						
Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Precio con Ietra	Importe
ACOMETIDA EN BAJA TENSION DESDE EL TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION ELECTRICA						
1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 1-1/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.	ML	25.00	\$ 195.67	SON: (CIENTO NOVENTA Y CINCO PESOS 67/100 M.N.)	\$ 4,891.75
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 6 AWG. COLOR ROJO, NEGRO (23 METROS DE CADA COLOR), NEGRO Y ROJO FASES EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.	ML	50.00	\$ 65.78	SON: (SESENTA Y CINCO PESOS 78/100 M.N.)	\$ 3,289.00
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.	ML	25.00	\$ 24.79	SON: (VEINTICUATRO PESOS 79/100 M.N.)	\$ 619.75
9	SUMINISTRO E INSTALACION DE CURVA CED. 30 DE 1 1/4", INCLUYE: COPLE Y SISTEMA DE FIJACION.	PZA	4.00	\$ 178.44	SON: (CIENTO SETENTA Y OCHO PESOS 44/100 M.N.)	\$ 713.76
7	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 1 1/4 " DE DIAM. CON TAPA LADO DRECHO ESPECIFICACION LB-29.	PZA	2.00	\$ 174.81	SON: (CIENTO SETENTA Y CUATRO PESOS 81/100 M.N.)	\$ 349.62
8	SUMINISTRO E INSTALACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 60 AMPS, PARA ACOMETIDA DE TABLERO DE AISLAMIENTO UBICADO EN UNCUBICULO DEL AREA DE QUIROFANO.	PZA	1.00	\$ 732.04	SON: (SETECIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 04/100 M.N.)	\$ 732.04
9	SUM E INST. DE BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" Y 60 cms DE LONG PARA FORMAR SISTAM EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA.	PZA	1.00	\$ 466.72	SON: (CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 72/100 M.N.)	\$ 466.72
SUBTOTAL- ACOMETIDA EN BAJA TENSION DESDE EL TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION ELECTRICA						\$ 11,062.64
CIRCUITOS DERIVADOS (SISTEMA ELECTRICO AISLADO)						
10	TABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCION 7.5 KVA, 6 CIRCUITOS DERIVADOS, TENSION PRIMARIA 208 VOLTS, TENSION SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 6 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS INTEGRADOS: • TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO CLASE H, DE 2 PIERNAS CON BARRERA ELECTROSTATICA PUESTA A TIERRA QUE SEPARA EL PRIMARIO DEL SECUNDARIO. DISEÑADO PARA OPERAR CON CORRIENTES DE FUGAS MUY PEQUEÑAS Y FUNCIONAMIENTO SILENCIOSO DE 3 KVA PRIMARIO 208 VOLTS Y SECUNDARIO 120 VOLTS. • MONITOR DE AISLAMIENTO, PANTALLA LCD, BITACORA DE EVENTOS Y ALARMA, BAJA CORRIENTES DE FUGA, POR DEBAJO DE 25 MICRO-AMPERES, NIVEL DE ALARMA DE 5 O 2 MILIAMPERES, SENSIBILIDAD DEL MONITOR POR PERDIDA DE TIERRA, MEDICION ANALOGICA Y DIGITAL Y LAMPARA INDICADORA LEDS. • CENTRO DE CARGA CONFORME CON LOS REQUISITOS DE LA NOM-001-SEDE-2102 (ART 517), INTERRUPTORES DE 2 POLOS, INTERRUPTOR GENERAL Y CAPACIDAD DE HASTA 16 DERIVADOS. • PUERTA CON CHAPA. • COMPARTIMIENTO PARA ALAMBRO ELÉCTRICO FORMADO POR UNA MAMPARA FUJA A CHASIS DEL TABLERO. • BLOQUE DE TERMINALES PARA CONEXION DE CONDUCTORES DE TIERRA REMOTOS. • BARRA DE TIERRA PARA CONECTAR TODO CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA. • CAJA DE LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIO PESADO, PARA EMPOTRAR O SOBREPONER EN MURO. • EL CHASIS SE MONTA DENTRO DE LA CAJA O GABINETE, ASÍ COMO EL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO, EL MONITOR DE AISLAMIENTO Y CENTRO O INTERIOR DE CARGA DEL PANEL. • EL FRETE SERÁ DE ACERO INOXIDABLE CAL. 14 ALEACIÓN 304 ACABADO Y PULIDO, GRADO MÉDICO. • MÓDULO DE CONTACTOS REMOTOS COMPUESTO POR 6 RECEPTÁCULOS GRADO HOSPITAL GFCI, LOS CUALES, SE RECOMIENDAN QUE ESTÉN LO MÁS CERCA POSIBLE AL TABLERO DE AISLAMIENTO, PARA EVITAR CORRIENTES DE FUGA DEBIDO A LA CAPACITANCIA.	PZA	1.00	\$ 356,834.18	SON: (TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y CUATRO PESOS 18/100 M.N.)	\$ 356,834.18
11	INSTALACION DE MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS 60GH/CPA, A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 1 M.L. DE TABLERO DE AISLAMIENTO, INCLUYE TODOS LOS ACCERIOS NECESARIO PARA SU FIJACION.	PZA	2.00	\$ 699.23	SON: (SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 23/100 M.N.)	\$ 1,398.46
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.	ML	36.00	\$ 101.46	SON: (CIENTO UN PESOS 46/100 M.N.)	\$ 3,652.56
13	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG. CON CONTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA COLOR NARANJA.	ML	36.00	\$ 98.30	SON: (NOVENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N.)	\$ 3,538.80
14	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG.CON CONSTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA COLOR CAFE.	ML	36.00	\$ 98.30	SON: (NOVENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N.)	\$ 3,538.80
15	SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE.	ML	36.00	\$ 24.79	SON: (VEINTICUATRO PESOS 79/100 M.N.)	\$ 892.44
16	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRA Y MONITOR DE 3/4".CON ADAPTADOR PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA REDUNDANTE	PZA	24.00	\$ 94.22	SON: (NOVENTA Y CUATRO PESOS 22/100 M.N.)	\$ 2,261.28
SUBTOTAL- CIRCUITOS DERIVADOS (SISTEMA ELECTRICO AISLADO)						\$ 372,116.52
SON: (TRESCIENTOS OCHENTA Y TRES MIL CIENTO SETENTA Y NUEVE PESOS 18/100 M.N.)						Subtotal \$ 383,179.16

Figura 59. Catálogo de conceptos, de acuerdo al levantamiento físico, de una Unidad de Quirófano¹⁴.

Nota: La conversión del importe total de esta cotización a dólares, es la siguiente: \$ 383,179.16 M.N / (\$19.902700¹⁵) = \$ 19,252.62 U.S.D.

¹⁴ Ver Anexo 2. Precios unitarios de la Unidad de Quirófano.

¹⁵ Tipo de Cambio y Tasa del Dólar, de acuerdo al Diario Oficial de la Federación. (12 del 09 de 2022).

Capítulo III.- Conclusión y recomendaciones

III.1 Conclusión.

En la medicina moderna la energía eléctrica es un auxiliar muy importante, sin embargo, su uso representa un peligro potencial en las áreas críticas. Es por ello que los tableros de aislamiento proporcionan seguridad a los pacientes y al cuerpo médico en caso de recibir una descarga eléctrica por fallas en el aislamiento de los equipos electromédicos, gracias a su transformador de aislamiento, su monitor de aislamiento de línea y su sistema equipotencial de conexión puesto a tierra; con lo cual se logran regular todas las interacciones eléctricas de los equipos biomédicos a través del paciente, y así disminuir el riesgo de un accidente.

Es primordial alcanzar los más altos niveles de seguridad para la continuidad de la operación dentro de un área crítica (Unidades de Cuidados Intensivos y Sala de cirugías), para lograrlo es necesario realizar una serie de procedimientos normativos para la construcción y el mantenimiento de los sistemas eléctricos aislados. Esto es fundamental para la ciencia médica, ya que la medicina moderna depende más de los equipos electromédicos; es común que en una sala de operaciones y de cuidados intensivos ver hasta doce equipos alrededor de un paciente y todos funcionando bajo principios rigurosos. No olvidemos que una persona que está siendo intervenida quirúrgicamente puede morir con una corriente de 10 μ A y una diferencial de potencial de 5 mV, a diferencia de una persona con la piel íntegra que puede soportar hasta 25 mA a 5 mV.

En el desarrollo de este trabajo; después de describir la funcionalidad de los sistemas aislados a través del Tablero de aislamiento, se pudo determinar que su implementación en las áreas críticas (Unidades de Cuidados Intensivos y Quirofano #1) del hospital en estudio, influye considerablemente en la reducción de los riesgos por corrientes de fuga generadas por equipos electromédicos a las que puedan estar expuestos pacientes y personal médico. Es por ello que con lo descrito anteriormente y siguiendo las indicaciones normativas se diseñó el sistema aislado de protección eléctrica para los equipos electromédicos de las áreas críticas descritas y como resultado del análisis de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-2012) y en concordancia con las Normas Internacionales NFPA 99, IEC* 6034-7-710, con respecto a sistemas aislados, se puede concluir que para la aplicación de este tipo de sistemas eléctricos en México, es conveniente acatar los criterios ordenados por la NOM-001-SEDE-2012 y los recomendados por la IEC 6034-7-710; debido a que establecen unos niveles de tensión no mayores a 250 Vac. Estableciendo un rango en los niveles de potencia admisible, para el caso específico de salas de cirugía y unidades de cuidados intensivos. También indican el valor mínimo de resistencia de aislamiento que debe tener el sistema antes de que el monitor de aislamiento genere una alarma. Con respecto a los dispositivos de protección, enfatizan en que solo deben actuar cuando se presente un primer fallo y no en condiciones de sobrecarga y no permiten ampliar el margen de seguridad del sistema aislado, que se debe brindar al personal médico y pacientes que integran una institución de asistencia médica.

Después de haber realizado el diseño de la implementación del Tablero de aislamiento como parte del sistema aislado, se puede determinar que no se presentan diferencias significativas, entre un sistema aislado en la sala de cirugía y un sistema aislado en la unidad de cuidados intensivos, ya que sus diferencias radican solo en la potencia nominal en cada uno. Sin embargo, cabe destacar que en ambos casos se debe tener en cuenta factores externos, como por ejemplo el manejo de gases de uso medicinal y la disipación de carga estática, que pueden llegar a ocasionar un incendio, por lo que la altura de los módulos de fuerza en ambos casos es un parámetro que hay que tener en cuenta.

Dentro del diseño del sistema aislado, se tuvo en cuenta el criterio de reducir al máximo las distancias de los circuitos ramales para minimizar las corrientes de fuga que pueda generar el cableado. Esto se logró a partir de una configuración, que permite incluir un tablero de aislamiento para cada cubículo, que conforma la unidad de cuidados intensivos. Todo el conjunto de tableros de aislamiento, son controlados por un tablero general. Esta configuración permite realizar el control del sistema de forma individual en cada cubículo. En el caso de salas de cirugía, la disposición de los módulos de fuerza requieren que los circuitos ramales sean de mayor longitud, pero no requiere de grandes áreas, por lo tanto, la generación de corrientes de fuga no son críticas y en consecuencia no afectan el sistema aislado de puesta a tierra.

* Ver definición en el Glosario.

La instalación del sistema aislado a partir del prototipo construido, se caracterizó por pruebas realizadas que permitieron evidenciar un desempeño satisfactorio en el funcionamiento del sistema aislado, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de lo establecido en la Normatividad. Se resalta que el uso de equipos certificados facilita la puesta en marcha y la solución de fallas de una manera más rápida y precisa, sin dejar de lado que lo fundamental de cualquier instalación eléctrica es garantizar la seguridad y el cuidado de la vida humana. Además, se pudo evidenciar a partir de las pruebas de corto circuito, que a pesar de presentarse una falla a tierra de alguna de las líneas aisladas, el sistema efectivamente cuenta con el respaldo de la impedancia a tierra, de la otra línea que no presenta la falla, por lo que recae en esta última, en un gran porcentaje la tensión de la fuente y en consecuencia la corriente circundante en el sistema es muy baja. Por lo tanto, es notorio el aporte que da el sistema aislado de puesta a tierra, a la seguridad de pacientes y personal médico del hospital.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se puede mejorar la seguridad en instalaciones hospitalarias, concientizando a los directivos, funcionarios públicos y privados (relacionados con el área hospitalaria), mostrándoles la necesidad de adecuar y normalizar las instalaciones existentes, para que cumplan con los requisitos de seguridad eléctrica y continuidad del servicio, ya que diariamente se observa el no cumplimiento de la normatividad y en gran parte por buscar la economía, pero sin tener en cuenta que una vida humana no se puede reemplazar. Se comprende que, aunque la situación del país no sea la óptima en cuestiones de salud, no deben dejar de sumarse esfuerzos para garantizar los servicios de los hospitales, en específico, públicos; entre estos esfuerzos se encuentran las garantías de buenas prácticas y brindar un excelente servicio a la población. La ética profesional debe estar presente, no solo en los médicos y enfermeras, sino en todos los miembros del hospital, dado que es el trabajo en conjunto lo refleja el propio servicio y funcionalidad.

Y, para terminar, este proyecto significa para mí, no un granito de arena, sino el primero de miles de granos de arena para fortalecer el sector y beneficiar a la población de los hospitales, así como disminuir los accidentes que pueden provocar la muerte durante una intervención quirúrgica en el hospital, por electrocución.

“En instalaciones eléctricas hospitalarias la seguridad del paciente debe garantizarse a través de los equipos e instalaciones correctas, además de un mantenimiento puntual y adecuado. Es muy importante que tengamos siempre en mente que cualquier falla que se presente en un equipo; involucra, no solo la pérdida del aparato, sino la pérdida de vidas humanas”.

III.2 Recomendaciones.

Mucho personal médico desconoce los conceptos físicos de la electrocirugía y los efectos fisiológicos que produce la corriente eléctrica. Hay una necesidad de capacitación en este sentido para cubrir estas brechas de conocimiento y contribuir a una cirugía más segura. Algunas de las dudas que deberían responder los profesionales de la salud para el uso seguro y eficaz de equipos electroquirúrgicos tienen que ver con las diferencias eléctricas entre los instrumentos médicos o cómo la energía eléctrica de radiofrecuencia afecta a las células y tejidos. También deberían saber cómo responder ante un incidente en el quirófano y qué mecanismos pueden provocar lesiones con dispositivos eléctricos.

Para evitar los accidentes en las Áreas críticas del hospital, se debe prestar atención a la capacitación de los cirujanos, enfermeros, anestesiólogos y demás profesionales presentes durante una cirugía que manipulan o tienen contacto con dispositivos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

Por otro lado, el personal de mantenimiento encabezado por el Ing Biomédico del hospital deberá implementar y mantener un programa de pruebas regulares a los sistemas de aislamiento, así como a todo el equipo electromédico. Es recomendable que también el personal médico revise rápidamente el equipo electromédico antes de comenzar una intervención quirúrgica, fijándose que el valor en el amperímetro del monitor de aislamiento del tablero no rebase el límite de seguridad, una vez que todo el equipo esté conectado.

Es recomendable realizar las pruebas de mantenimiento por lo menos una vez al año al sistema de aislamiento, conforme a lo indicado por el Artículo 517-30 de la NOM-001-SEDE-2012; los resultados de las pruebas deberán de ser anotados debidamente en la bitácora constatando, fecha, cuarto o área de prueba, con la indicación si las 13 pruebas que indica la normativa cumplieron o fallaron los requerimientos, a los que se refieren los capítulos 517 y 4 de las normas NOM-001-SEDE-2012 y NFPA 99 respectivamente.

Las 13 pruebas (descritas en el capítulo I.2.5) garantizan que un quirófano o unidad de cuidados intensivos se encuentre en óptimas condiciones para proteger la vida del paciente y resguardar la integridad física del personal médico que labora.

Utilizar accesorios adecuados para las conexiones en caso de reemplazo, tales como: tomacorrientes de grado hospitalario, conectores de cobre para terminales de los conductores de puesta a tierra a tablero de distribución; conectores de cobre de baja corrosión para conectar el conductor de cobre a puesta a tierra. Para las mallas equipotenciales se sugiere utilizar soldadura de plata en los nodos, en caso de reposición de estos. Es necesario tener presente que se debe evitar la instalación de equipos o elementos que no cumplen con las normas, ya que pueden afectar la estructura del sistema.

Recordemos que en nuestro país no hay ninguna prueba ni estadística de que el paciente haya muerto por una microdescarga, ya que no se daña el tejido y una autopsia no puede revelar evidencia de ello; por lo tanto y reiterando lo mencionado anteriormente, es recomendable la capacitación a los profesionales de la medicina, en el conocimiento y manejo del sistema, ya que el tablero de aislamiento es un equipo médico, que es indispensable de utilizar en una cirugía o tratamiento médico, y más aún el equipo debería tener la misma importancia que tiene cualquier equipo médico de soporte de vida. Porque es precisamente, para evitar que un paciente sometido a un procedimiento pierda la vida por electrocución.

Glosario

Carga estática: Carga eléctrica sin movimiento.

Sistemas Redundantes: Los sistemas redundantes, son los que repiten condiciones de carácter crítico que se quiere asegurar ante los posibles fallos que puedan surgir por su uso continuo.

Pararrayos: Dispositivo cuyo principio objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica a tierra y evitar los daños que puede provocar sobre otros elementos, como edificios, árboles o personas.

Cable tipo MC: El cable revestido de metal (Tipo MC) es un conjunto de fábrica de conductores aislados, con o sin elementos de fibra óptica, incluido en una armadura de cinta metálica interconectada (o funda metálica).

Cable tipo MI: Un cable con aislamiento mineral (cable MI) es un tipo de cable especial que se utiliza en entornos sometidos a altas temperaturas o condiciones ambientales adversas debido a su baja inflamabilidad, incluso frente a las temperaturas más elevadas. Es resistente a la oxidación y proporciona una medición precisa.

Impedancia: La impedancia es una medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión. La impedancia extiende el concepto de resistencia a los circuitos de corriente alterna, y posee tanto magnitud como fase, a diferencia de la resistencia, que solo tiene magnitud. Es la suma vectorial de la resistencia más la reactancia. La impedancia es un número complejo.

Bucle de corriente: El lazo de corriente que hace circular una corriente en un par de conductores eléctricos,

Aislamiento galvánico: El aislamiento galvánico consiste en la separación de partes funcionales de un circuito eléctrico para prevenir el traspaso de portadores de carga

Impedancia resistiva: Es el circuito eléctrico más simple formado exclusivamente por una resistencia o la combinación de varias resistencias.

Impedancia capacitiva: Se relaciona con la resistencia ejercida al cambio de corriente dentro de un capacitor, la cual se asocia a su parte imaginaria.

Lámparas cialíticas: Las lámparas cialíticas son equipos de iluminación utilizados principalmente en cirugía. Estas lámparas proporcionan una luz homogénea, sin sombras, sobre la zona que se va a intervenir.

Aislamiento tipo H: Las clases de aislamiento definen la temperatura que soportan los materiales que lo constituyen. Por lo tanto, la Clase H tiene un nivel de temperatura admisible de 180 °C para las bobinas.

Efecto capacitivo: Es el efecto de capacitancia entre dos cuerpos con cargas eléctricas, separadas por un dieléctrico, o que llamamos efecto de la capacitancia mutua.

Acople inductivo: El acoplamiento inductivo usa campos magnéticos que son una parte natural de la corriente que circula por un cable. Siempre que una corriente eléctrica se desplaza por un cable, crea este campo magnético alrededor del cable.

Transformadores toroidales: Los transformadores toroidales son dos bobinas envueltas alrededor de un metal, ferrita o acero de silicio, en forma de anillo. Estos transformadores pueden ser construidos tanto con encapsulado como sin él. De igual manera, disponen de diversas configuraciones, bien para una o varias salidas, para cableados o para encapsulado electrostático y electromagnético, comúnmente llamados tipo “donas”.

Capacitancia: La capacitancia es la capacidad de un componente o circuito para recoger y almacenar energía en forma de carga eléctrica. Los capacitores son dispositivos que almacenan energía, disponibles en muchos tamaños y formas.

Áreas peligrosas: Las áreas peligrosas son los lugares que tienen una alta probabilidad de sufrir explosiones o incendios causados por la concentración de gases, vapores y/o fibras partículas volátiles.

Cofepris: La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios es una dependencia federal del gobierno de México, de la Secretaría de Salud.

Pantalla LCD: Una pantalla de cristal líquido o LCD es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromática, colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

Leds: Diodo emisor de luz, es una fuente de luz pequeña que está iluminado por el movimiento de electrones a través de un material semiconductor.

IEC.- Comisión Electrotécnica Internacional: Organización de Normalización Internacional pionera a nivel mundial en la preparación y publicación de normas internacionales en el ámbito eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Estas tecnologías en su conjunto se conocen como electrotecnia.

Referencias bibliográficas.

- A, O. (1998). *Puesta a Tierra. Instalaciones Eléctricas Hospitalarias*. Colombia: Dirección General para el Desarrollo de los Servicios de Salud.
- Acosta, J. A. (2007). Estudio de diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital San Rafael de Leticia mediante la aplicación del retie. Bogotá: Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1089&context=ing_electronica
- Bender Group. (2009). Tableros para hospitales [Manual de software informático].
- Carlos, A., & Leandro, R. (2014). Formulación de criterios de diseño para sistema aislado de tierra con localizador de fallas para unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía. *Tekhne*(2, 5-26).
- Denis, E. R. (1997). *Ingeniería Clínica*. Santiago, Chile: GTZ.
- Diario Oficial de la Federación. (12 de 09 de 2022). Obtenido de https://dof.gob.mx/indicadores_detalle.php?cod_tipo_indicador=158&dfecha=12%2F09%2F2022&hfecha=12%2F09%2F2022#gsc.tab=0
- Dwppon. (s.f.). 13 Pruebas a efectuar en Instalaciones de Sistemas de Energía Aislados conforme a la NOM-001-SEDE-2012, Artículo 517-30. México.
- Dwppon. (s.f.). Tableros de aislamiento para hospitales. México. Obtenido de <https://dwppon.com/tableros-de-aislamiento-para-hospitales/>
- Electric, S. (2002). *Sistema aislamiento para hospitales*. Schneider Electric.
- Harper, E. (2004). *Manual práctico de instalaciones eléctricas*. Limusa.
- IEEE Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities (White Book). (2007). *IEEE Std 602-2007* (7ma ed.). Estados Unidos.
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2010). *Normas de Diseño de Ingeniería. Instalaciones Eléctricas. Normas Eléctricas IMSS. Capítulo 5: Fundamentos y Consideraciones para la Selección*. México.
- International Electrotechnical Commission. (2007). IEC 60364-4-44:2007, Low-voltage electrical installations - Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. 2. COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE.
- International Electrotechnical Commission. (2021). IEC 60364-7-710:2021, Low-voltage electrical installations - Part 7-710: Requirements for special installations or locations - Medical locations. COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE.
- National Fire Protection Association. (2021). *Health Care Facilities Code Handbook, NFPA 99*. National Fire Protection Association Inc.
- ORS, G. (2020). *grupoors*. Obtenido de <https://grupoors.com.mx/2020/01/20/transformador-de-aislamiento/>
- Secretaría de Energía. (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas*.
- Secretaría de Salud. (2012). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-025-SSA3-2011, Para la organización y funcionamiento de las unidades de cuidados intensivos. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5234984&fecha=23/02/2012#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2016. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5469490&fecha=20/01/2017#gsc.tab=0
- Underwriters Laboratories Inc. (UL). (2015). *Standard for Isolated Power Systems Equipment, UL 1047* (6 ed.).
- UPME. (2013). Reglamento técnico de instalaciones. 10.
- Webster, J. (1992). *Medical Instrumentation* (2da ed.). Estados Unidos: Company Houghton Mifflin.

Anexos

Anexo 1. Precios unitarios de 1 cubículo, de la Unidad de Cuidado Intensivos.

Página 1 de 13

MOISES FREY OLAN	
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	Duración: 5 días naturales Fecha: 12/09/2022 Inicio Obra: 19/09/2022 Fin Obra: 23/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco	

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: tubo 3/4		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.							
MATERIALES							
	TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4"	ML.	\$50.21	*	1.000000	\$50.21	60.32%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$50.21	60.32%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				58.000000	\$20.57	24.71%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$20.57	24.71%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	60.000000	\$11.22	13.48%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$12.46	14.97%
(CD) Costo directo						\$83.24	100.00%
(CI) INDIRECTOS					8.5842%	\$7.13	
SUBTOTAL1						\$90.37	
(CF) FINANCIAMIENTO					1.9888%	\$1.80	
SUBTOTAL2						\$92.17	
(CU) UTILIDAD					10.0000%	\$9.22	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$101.39	
(* CIENTO UN PESOS 39/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN
TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS

Duración: 5 días naturales

Fecha: 12/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-ls 10		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG	M.L.	\$14.77	*	1.000000	\$14.77	72.62%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$14.77	72.62%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	19.57%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	19.57%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	6.64%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	7.82%
	(CD) Costo directo					\$20.34	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.5642%	\$1.74	
	SUBTOTAL1					\$22.08	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$0.44	
	SUBTOTAL2					\$22.52	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$2.25	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$24.77	
	(* VEINTICUATRO PESOS 77/100 M.N. *)						

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS		Duración:	5 días naturales
		Fecha:	12/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Inicio Obra:	19/09/2022
		Fin Obra:	23/09/2022

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: curva11/4		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CURVA CED. 30 DE 1 1/4", INCLUYE: COPLE Y SISTEMA DE FIJACION.							
MATERIALES							
	CURVA CED. 30 DE 1 1/4"	PZA	\$136.00	*	1.000000	\$136.00	92.90%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$136.00	92.90%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				140.000000	\$8.52	5.82%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$8.52	5.82%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$8.52	*	0.030000	\$0.26	0.18%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.92%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$8.52	*	0.030000	\$0.26	0.18%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$1.87	1.28%
	(CD) Costo directo					\$146.39	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.5642%	\$12.54	
	SUBTOTAL1					\$158.93	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$3.16	
	SUBTOTAL2					\$162.09	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$16.21	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$178.30	
(* CIENTO SETENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS		Duración: 5 días naturales	Fecha: 12/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Inicio Obra: 19/09/2022	Fin Obra: 23/09/2022

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: condulet 11/4		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 3/4 " DE DIAM. CON TAPA LADO DRECHO ESPECIFICACION LB-29 .							
MATERIALES							
	CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 1 1/4 " DE DIAM.	PZA	\$128.00	*	1.000000	\$128.00	89.25%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$128.00	89.25%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				90.000000	\$13.26	9.25%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$13.26	9.25%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$13.26	*	0.030000	\$0.40	0.28%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.94%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$13.26	*	0.030000	\$0.40	0.28%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$2.15	1.50%
	(CD) Costo directo					\$143.41	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.5642%	\$12.28	
	SUBTOTAL1					\$155.69	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$3.10	
	SUBTOTAL2					\$158.79	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$15.88	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$174.67	
(* CIENTO SETENTA Y CUATRO PESOS 67/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	Duración: 5 días naturales		
	Fecha: 12/09/2022		
	Inicio Obra: 19/09/2022		
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Fin Obra: 23/09/2022	

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: Q02*30		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 30 AMPS, PARA ACOMETIDA DE TABLERO DE AISLAMIENTO, UBICADO EN UN CUBICULO DEL AREA DE TERAPIA INTENSIVA							
MATERIALES							
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 30 AMPS	PZA	\$570.00	*	1.000000	\$570.00	94.13%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$570.00	94.13%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				37.000000	\$32.25	5.33%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$32.25	5.33%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$32.25	*	0.030000	\$0.97	0.16%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.22%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$32.25	*	0.030000	\$0.97	0.16%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$3.29	0.54%
(CD) Costo directo						\$605.54	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642%	\$51.86
SUBTOTAL1						\$657.40	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$13.07
SUBTOTAL2						\$670.47	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$67.05
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$737.52	
(* SETECIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS 52/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN
TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS

Duración: 5 días naturales

Fecha: 12/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: barra de cobre		PZA					
SUM E INST. DE BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" y 60 cms DE LONG PARA FORMAR SISTAM EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA.							
MATERIALES							
	BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" y 60 cms	PZA	\$367.00	*	1.000000	\$367.00	95.85%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$367.00	95.85%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				87.000000	\$13.71	3.58%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$13.71	3.58%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$13.71	*	0.030000	\$0.41	0.11%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.35%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$13.71	*	0.030000	\$0.41	0.11%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$2.17	0.57%
(CD) Costo directo						\$382.88	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642% \$32.79	
SUBTOTAL1						\$415.67	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888% \$8.27	
SUBTOTAL2						\$423.94	
(CU) UTILIDAD						10.0000% \$42.39	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$466.33	
(* CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 33/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Duración: 5 días naturales

Fecha: 12/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: TABLEROAISLAMIE 3KVA

PZA

TABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCIÓN 3 KVA, TENSIÓN PRIMARIA 208 VOLTS, TENSIÓN SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 6 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS

INTEGRADOS:

- * TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO CLASE H, DE 2 PIERNAS CON BARRERA ELECTROSTÁTICA PUESTA A TIERRA, QUE SEPARA EL PRIMARIO DEL SECUNDARIO, DISEÑADO PARA OPERAR CON CORRIENTES DE FUGAS MUY PEQUEÑAS Y FUNCIONAMIENTO SILENCIOSO DE 3 KVA PRIMARIO 208 VOLTS Y SECUNDARIO 120 VOLTS.
- * MONITOR DE AISLAMIENTO, PANTALLA LCD, BITÁCORA DE EVENTOS Y ALARMA, BAJA CORRIENTES DE FUGA, POR DEBAJO DE 25 MICRO-AMPERES, NIVEL DE ALARMA DE 5 O 2 MILIAMPERES, SENSIBILIDAD DEL MONITOR POR PERDIDA DE TIERRA, MEDICIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL Y LÁMPARA INDICADORA LEDS.
- * CENTRO DE CARGA CONFORME CON LOS REQUISITOS DE LA NOM-001-SEDE-2102 (ART 517), INTERRUPTORES DE 2 POLOS, INTERRUPTOR GENERAL Y CAPACIDAD DE HASTA 16 DERIVADOS.
- * PUERTA CON CHAPA...
- * COMPARTIMIENTO PARA ALAMBRADO ELÉCTRICO FORMADO POR UNA MAMPARA FIJA A CHASIS DEL TABLERO...
- * BLOQUE DE TERMINALES PARA CONEXIÓN DE CONDUCTORES DE TIERRA REMOTOS...
- * BARRA DE TIERRA PARA CONECTAR TODO CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA...
- * CAJA DE LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIO PESADO, PARA EMPOTRAR O SOBREPONER EN MURO.
- * EL CHASIS SE MONTA DENTRO DE LA CAJA O GABINETE, ASÍ COMO EL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO, EL MONITOR DE AISLAMIENTO Y CENTRO O INTERIOR DE CARGA DEL PANEL.
- * EL FRENTE SERÁ DE ACERO INOXIDABLE CAL. 14 ALEACIÓN 304 ACABADO Y PULIDO, GRADO MÉDICO...
- * MÓDULO DE CONTACTOS REMOTOS COMPUESTO POR 6 RECEPTÁCULOS GRADO HOSPITAL GFCI, LOS CUALES, SE RECOMIENDAN QUE ESTÉN LO MÁS CERCA POSIBLE AL TABLERO DE AISLAMIENTO, PARA EVITAR CORRIENTES DE FUGA DEBIDO A LA CAPACITANCIA.

MATERIALES

TABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCIÓN 3 KVA, TENSIÓN PRIMARIA 208 VOLTS, TENSIÓN SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 6 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS INTEGRADOS:	PZA	\$246,256.50	*	1.000000	\$246256.50	89.74%
--	-----	--------------	---	----------	-------------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$246256.50 89.74%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$482.99	*	1.000000	\$482.99	
OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
Importe:					\$1193.18	
Volumen:				18.000000	\$21477.24	7.83%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$21477.24 7.83%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR	%	\$21,477.24	*	0.030000	\$644.32	0.23%
CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	*	8.000000	\$5384.80	1.96%
EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$21,477.24	*	0.030000	\$644.32	0.23%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$8873.44 2.43%

(CD) Costo directo					\$274,407.18	100.00%
(CI) INDIRECTOS	8.5642%				\$23,500.78	
SUBTOTAL1					\$297,907.96	
(CF) FINANCIAMIENTO	1.9888%				\$5,924.79	
SUBTOTAL2					\$303,832.75	
(CU) UTILIDAD	10.0000%				\$30,383.28	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$334,216.03	

(* TRESCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS DIECISEIS PESOS 03/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN	
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	Duración: 5 días naturales Fecha: 12/09/2022 Inicio Obra: 19/09/2022 Fin Obra: 23/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco	

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: modulo contactos

PZA

INSTALACION DE MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS 6DGH/CPA, A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 1 M.L. DE TABLERO DE AISLAMIENTO, INCLUYE TODOS LOS ACCERIOS NECESARIO PARA SU FIJACION.

MATERIALES

MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS 6DGH/CPA	PZA	\$540.66	*	1.000000	\$540.66	94.25%
---	-----	----------	---	----------	----------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$540.66 94.25%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
Importe:					\$1193.18	
Rendimiento: PZA/JOR				40.000000	\$29.83	5.20%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$29.83 5.20%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR	%	\$29.83	*	0.030000	\$0.89	0.16%
CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.24%
EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$29.83	*	0.030000	\$0.89	0.16%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$3.13 0.55%

(CD) Costo directo		\$573.62	100.00%
(CI) INDIRECTOS	8.5642%	\$49.13	
SUBTOTAL1		\$622.75	
(CF) FINANCIAMIENTO	1.9888%	\$12.39	
SUBTOTAL2		\$635.14	
(CU) UTILIDAD	10.0000%	\$63.51	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)		\$698.65	
(* SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO PESOS 65/100 M.N. *)			

MOISES FREY OLAN	
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	Duración: 5 días naturales Fecha: 12/09/2022 Inicio Obra: 19/09/2022 Fin Obra: 23/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco	

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: tubo 3/4		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.							
MATERIALES							
	TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4"	ML.	\$50.21	*	1.000000	\$50.21	60.32%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$50.21	60.32%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				58.000000	\$20.57	24.71%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$20.57	24.71%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	60.000000	\$11.22	13.48%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$12.46	14.97%
(CD) Costo directo						\$83.24	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642%	\$7.13
SUBTOTAL1						\$90.37	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$1.80
SUBTOTAL2						\$92.17	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$9.22
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$101.39	
(* CIENTO UN PESOS 39/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS		Duración:	5 días naturales
		Fecha:	12/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Inicio Obra:	19/09/2022
		Fin Obra:	23/09/2022

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-2 cal 10		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG. CON CONTSANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIACOLOR NARANJA.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG CON CONTSANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIACOLOR NARANJA.	M.L.	\$75.07	*	1.000000	\$75.07	93.09%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$75.07	93.09%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	4.94%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	4.94%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	1.67%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	1.97%
(CD) Costo directo						\$80.64	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642% \$6.91	
SUBTOTAL1						\$87.55	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888% \$1.74	
SUBTOTAL2						\$89.29	
(CU) UTILIDAD						10.0000% \$8.93	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$98.22	
* MOVIENTA Y CARGA DE 25000 234400 M.L. *							

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS		Duración: 5 días naturales	Fecha: 12/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Inicio Obra: 19/09/2022	Fin Obra: 23/09/2022

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-2 cal 10c		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG.CON CONSTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA COLOR CAFE.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG CON CONTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIACOLOR NARANJA.	M.L.	\$75.07	*	1.000000	\$75.07	93.09%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$75.07	93.09%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	4.94%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	4.94%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	1.67%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	1.97%
(CD) Costo directo						\$80.64	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642%	\$6.91
SUBTOTAL1						\$87.55	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$1.74
SUBTOTAL2						\$89.29	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$8.93
PRECIO UNITARIO (CD+CH+CF+CU)						\$98.22	
(* NOVENTA Y OCHO PESOS 22/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN
TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS

Duración: 5 días naturales

Fecha: 12/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-ls 10 M.L.							
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG	M.L.	\$14.77	*	1.000000	\$14.77	72.62%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$14.77	72.62%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	19.57%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$3.98	19.57%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	6.64%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$1.59	7.82%
	(CD) Costo directo					\$20.34	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.5642%	\$1.74	
	SUBTOTAL1					\$22.08	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$0.44	
	SUBTOTAL2					\$22.52	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$2.25	
	PRECIO UNITARIO (CD+CH+CF+CU)					\$24.77	
	(* VEINTICUATRO PESOS 77/100 M.N. *)						

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN
TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS

Duración: 5 días naturales

Fecha: 12/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: contra y monitor 3/4		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRA Y MONITOR DE 3/4".CON ADAPTADOR PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA REDUNDANTE							
MATERIALES							
	CONTRA DE 3/4	PZA	\$15.00	*	1.000000	\$15.00	19.41%
	MONITOR 3/4	PZA	\$16.00	*	1.000000	\$16.00	20.70%
	ADAPTADOR SISTEMA DE TIERRA	PZA	\$40.00	*	1.000000	\$40.00	51.75%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$71.00	91.86%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				256.000000	\$4.66	6.03%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$4.66	6.03%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$4.66	*	0.030000	\$0.14	0.18%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	1.75%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$4.66	*	0.030000	\$0.14	0.18%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.63	2.11%
(CD) Costo directo						\$77.29	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.5642% \$6.62	
SUBTOTAL1						\$83.91	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888% \$1.67	
SUBTOTAL2						\$85.58	
(CU) UTILIDAD						10.0000% \$8.56	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$94.14	
(* NOVENTA Y CUATRO PESOS 14/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN	
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO	Duración: 5 días naturales
	Fecha: 06/09/2022
	Inicio Obra: 19/09/2022
	Fin Obra: 23/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco	

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: tubo 11/4		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 1-1/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.							
MATERIALES							
	TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 1-1/4"	M.L.	\$124.00	*	1.000000	\$124.00	77.25%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$124.00	77.25%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				50.000000	\$23.86	14.86%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$23.86	14.86%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	60.000000	\$11.22	6.99%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$23.86	*	0.030000	\$0.72	0.45%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$23.86	*	0.030000	\$0.72	0.45%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$12.66	7.89%
(CD) Costo directo						\$160.52	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.6544%	\$13.89
SUBTOTAL1						\$174.41	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$3.47
SUBTOTAL2						\$177.88	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$17.79
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$195.67	
(* CIENTO NOVENTA Y CINCO PESOS 67/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-lscal 6		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 6 AWG. COLOR ROJO, NEGRO (23 METROS DE CADA COLOR), NEGRO Y ROJO FASES EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA							
MATERIALES							
	CABLE THW-LS CAL.6 COLOR VERDE	M	\$49.00	*	1.000000	\$49.00	90.81%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$49.00	90.81%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				350.000000	\$3.41	6.32%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.41	6.32%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.41	*	0.030000	\$0.10	0.19%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	2.50%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.41	*	0.030000	\$0.10	0.19%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.55	2.87%
	(CD) Costo directo					\$53.96	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.6544%	\$4.67	
	SUBTOTAL1					\$58.63	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$1.17	
	SUBTOTAL2					\$59.80	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$5.98	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$65.78	
	(* SESENTA Y CINCO PESOS 78/100 M.N. *)						

MOISES FREY OLAN			
Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO		Duración: 5 días naturales	Fecha: 06/09/2022
Lugar: Villahermosa, Tabasco		Inicio Obra: 19/09/2022	Fin Obra: 23/09/2022

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-ls 10		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG	M.L.	\$14.77	*	1.000000	\$14.77	72.62%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$14.77	72.62%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	19.57%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	19.57%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.56%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	6.64%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.56%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	7.82%
(CD) Costo directo						\$20.34	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.6544%	\$1.76
SUBTOTAL1						\$22.10	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$0.44
SUBTOTAL2						\$22.54	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$2.25
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$24.79	
(* VEINTICUATRO PESOS 79/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales
Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022
Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: curva11/4		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CURVA CED. 30 DE 1 1/4", INCLUYE: COPLE Y SISTEMA DE FIJACION.							
MATERIALES							
	CURVA CED. 30 DE 1 1/4"	PZA	\$136.00	*	1.000000	\$136.00	92.90%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$136.00	92.90%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				140.000000	\$8.52	5.82%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$8.52	5.82%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$8.52	*	0.030000	\$0.26	0.18%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.92%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$8.52	*	0.030000	\$0.26	0.18%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.87	1.28%
(CD) Costo directo						\$146.39	100.00%
(CI) INDIRECTOS					8.6544%	\$12.67	
SUBTOTAL1						\$159.06	
(CF) FINANCIAMIENTO					1.9888%	\$3.16	
SUBTOTAL2						\$162.22	
(CU) UTILIDAD					10.0000%	\$16.22	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$178.44	
(* CIENTO SETENTA Y OCHO PESOS 44/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: conduit 11/4

PZA

SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 1 1/4 " DE DIAM. CON TAPA LADO DRECHO ESPECIFICACION LB-29 .

MATERIALES

CAJA CONDULET SERIE OVALADA DE 1 1/4 " DE DIAM.	PZA	\$128.00	*	1.000000	\$128.00	89.25%
---	-----	----------	---	----------	----------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$128.00 89.25%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)

JOR

AYUDANTE ESPECIALIZADO

JOR

\$492.99

*

1.000000

\$492.99

OFICIAL ELECTRICISTA

JOR

\$635.10

*

1.000000

\$635.10

CABO DE OFICIOS

JOR

\$650.88

*

0.100000

\$65.09

Importe:

\$1193.18

Rendimiento: PZA/JOR

90.000000

\$13.26

9.25%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$13.26 9.25%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR

%

\$13.26

*

0.030000

\$0.40

0.28%

CAMIONETA PICK UP NISSAN

HR

\$673.10

/

500.000000

\$1.35

0.94%

EQUIPO DE SEGURIDAD

%

\$13.26

*

0.030000

\$0.40

0.28%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$2.15 1.50%

(CD) Costo directo

\$143.41

100.00%

(CI) INDIRECTOS

8.6544%

\$12.41

SUBTOTAL1

\$155.82

(CF) FINANCIAMIENTO

1.9888%

\$3.10

SUBTOTAL2

\$158.92

(CU) UTILIDAD

10.0000%

\$15.89

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$174.81

(* CIENTO SETENTA Y CUATRO PESOS 81/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales
Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022
Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: qo2*60

PZA

SUMINISTRO E INSTALACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 60 AMPS, PARA ACOMETIDA DE TABLERO DE AISLAMIENTO UBICADO EN UNCUBICULO DEL AREA DE QUIROFANO.

MATERIALES

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ATORNILLABLE EN PZA	\$565.00	*	1.000000	\$565.00	94.08%
TABLERO EXISTENTE 2 POLOS 60 AMPS					

SUBTOTAL: MATERIALES

\$565.00 94.08%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)

JOR

AYUDANTE ESPECIALIZADO

JOR

\$492.99

*

1.000000

\$492.99

OFICIAL ELECTRICISTA

JOR

\$635.10

*

1.000000

\$635.10

CABO DE OFICIOS

JOR

\$650.88

*

0.100000

\$65.09

Importe:

\$1193.18

Rendimiento: PZA/JOR

37.000000

\$32.25

5.37%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$32.25 5.37%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR

%

\$32.25

*

0.030000

\$0.97

0.16%

CAMIONETA PICK UP NISSAN

HR

\$673.10

/

500.000000

\$1.35

0.22%

EQUIPO DE SEGURIDAD

%

\$32.25

*

0.030000

\$0.97

0.16%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$3.29 0.55%

(CD) Costo directo

\$600.54

100.00%

(CI) INDIRECTOS

8.6544%

\$51.97

SUBTOTAL1

\$652.51

(CF) FINANCIAMIENTO

1.9888%

\$12.98

SUBTOTAL2

\$665.49

(CU) UTILIDAD

10.0000%

\$66.55

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$732.04

(* SETECIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 04/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales
Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022
Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: barra de cobre

PZA

SUM E INST. DE BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" y 60 cms DE LONG PARA FORMAR SISTAM EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA.

MATERIALES

BARRA DE COBRE DE 3/16"x1 1/4" y 60 cms	PZA	\$367.00	*	1.000000	\$367.00	95.85%
---	-----	----------	---	----------	----------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$367.00 95.85%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)

JOR

AYUDANTE ESPECIALIZADO

JOR

\$492.99 * 1.000000 \$492.99

OFICIAL ELECTRICISTA

JOR

\$635.10 * 1.000000 \$635.10

CABO DE OFICIOS

JOR

\$650.88 * 0.100000 \$65.09

Importe:

\$1193.18

Rendimiento: PZA/JOR

87.000000 \$13.71 3.58%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$13.71 3.58%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR

%

\$13.71 * 0.030000 \$0.41 0.11%

CAMIONETA PICK UP NISSAN

HR

\$673.10 / 500.000000 \$1.35 0.35%

EQUIPO DE SEGURIDAD

%

\$13.71 * 0.030000 \$0.41 0.11%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$2.17 0.57%

(CD) Costo directo

\$382.88 100.00%

(CI) INDIRECTOS

8.6544% \$33.14

SUBTOTAL1

\$416.02

(CF) FINANCIAMIENTO

1.9888% \$8.27

SUBTOTAL2

\$424.29

(CU) UTILIDAD

10.0000% \$42.43

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$466.72

(* CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 72/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 09/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: tablero 7.5 kva

PZA

TABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCIÓN 7.5 KVA, 6 CIRCUITOS DERIVADOS, TENSIÓN PRIMARIA 208 VOLTS, TENSIÓN SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 6 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS INTEGRADOS:

• TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO CLASE H, DE 2 PIERNAS CON BARRERA ELECTROSTÁTICA PUESTA A TIERRA QUE SEPARA EL PRIMARIO DEL SECUNDARIO. DISEÑADO PARA OPERAR CON CORRIENTES DE FUGAS MUY PEQUEÑAS Y FUNCIONAMIENTO SILENCIOSO DE 3 KVA PRIMARIO 208 VOLTS Y SECUNDARIO 120 VOLTS.

• MONITOR DE AISLAMIENTO, PANTALLA LCD, BITÁCORA DE EVENTOS Y ALARMA, BAJA CORRIENTES DE FUGA, POR DEBAJO DE 25 MICRO-AMPERES, NIVEL DE ALARMA DE 5 O 2 MILIAMPERES, SENSIBILIDAD DEL MONITOR POR PERDIDA DE TIERRA, MEDICIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL Y LÁMPARA INDICADORA LEDS.

• CENTRO DE CARGA CONFORME CON LOS REQUISITOS DE LA NOM-001-SEDE-2102 (ART 517), INTERRUPTORES DE 2 POLOS, INTERRUPTOR GENERAL Y CAPACIDAD DE HASTA 16 DERIVADOS.

• PUERTA CON CHAPA...

• COMPARTIMIENTO PARA ALAMBRAO ELÉCTRICO FORMADO POR UNA MAMPARA FIJA A CHASIS DEL TABLERO...

• BLOQUE DE TERMINALES PARA CONEXIÓN DE CONDUCTORES DE TIERRA REMOTOS...

• BARRA DE TIERRA PARA CONECTAR TODO CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA...

• CAJA DE LÁMINA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIO PESADO, PARA EMPOTRAR O SOBREPONER EN MURO. EL CHASIS SE MONTA DENTRO DE LA CAJA O GABINETE, ASÍ COMO EL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO, EL MONITOR DE AISLAMIENTO Y CENTRO O INTERIOR DE CARGA DEL PANEL.

• EL FRENTE SERÁ DE ACERO INOXIDABLE CAL. 14 ALEACIÓN 304 ACABADO Y PULIDO, GRADO MÉDICO...

• MÓDULO DE CONTACTOS REMOTOS COMPUESTO POR 6 RECEPTÁCULOS GRADO HOSPITAL GFCI, LOS CUALES, SE RECOMIENDAN QUE ESTÉN LO MÁS CERCA POSIBLE AL TABLERO DE AISLAMIENTO, PARA EVITAR CORRIENTES DE FUGA DEBIDO A LA CAPACITANCIA.

MATERIALES

ABLERO DE AISLAMIENTO DISTRIBUCIÓN 7.5 KVA, 6 CIRCUITOS DERIVADOS, TENSIÓN PRIMARIA 208 VOLTS, TENSIÓN SECUNDARIA 120 VOLTS CON INTERRUPTOR PRINCIPAL EN LADO PRIMARIO DE 2 POLOS 30 AMPS Y CON 6 DERIVADOS LADO SECUNDARIO DE 2 POLOS 20 AMPS, CON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS INTEGRADOS:	PZA	\$264,583.85	*	1.000000	\$264583.85	90.38%
--	-----	--------------	---	----------	-------------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$264583.85 90.38%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
Importe:					\$1193.18	
Volumen:				18.000000	\$21477.24	7.34%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$21477.24 7.34%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR	%	\$21,477.24	*	0.030000	\$644.32	0.22%
CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	*	8.000000	\$5384.80	1.84%
EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$21,477.24	*	0.030000	\$644.32	0.22%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$6673.44 2.28%

(CD) Costo directo					\$292,734.53	100.00%
(CI) INDIRECTOS				8.6544%	\$25,334.42	
SUBTOTAL1					\$318,068.95	
(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$6,325.76	
SUBTOTAL2					\$324,394.71	
(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$32,439.47	
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$356,834.18	

(* TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y CUATRO PESOS 18/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: modulo contactos		PZA					
INSTALACION DE MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS 6DGH/CPA, A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 1 M.L. DE TABLERO DE AISLAMIENTO, INCLUYE TODOS LOS ACCERIOS NECESARIO PARA SU FIJACION.							
MATERIALES							
	MODULO DE CONTACTOS GRADO HOSPITAL 15/20 AMPS COMPUESTO POR SEIS TOMAS 6DGH/CPA	PZA	\$540.66	*	1.000000	\$540.66	94.25%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$540.66	94.25%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				40.000000	\$29.83	5.20%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$29.83	5.20%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$29.83	*	0.030000	\$0.89	0.16%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	0.24%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$29.83	*	0.030000	\$0.89	0.16%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$3.13	0.55%
	(CD) Costo directo					\$573.62	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.6544%	\$49.64	
	SUBTOTAL1					\$623.26	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$12.40	
	SUBTOTAL2					\$635.66	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$63.57	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$699.23	
(* SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 23/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 08/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: tubo 3/4		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4" DE DIAMETRO. INCLUYE: HABILITADO, SISTEMA DE FIJACION, CONTRA Y MONITOR GALVANIZADO NORMALIZADO DE 3/4; LADO TABLERO GENERAL Y LADO TABLERO DE AISLAMIENTO DE SISTEMA AISLADO DE PUESTA A TIERRA.							
MATERIALES							
	TUBO CONDUIT GALVANIZADO CON ROSCA EN UN EXTREMO CED-30 DE 3/4"	ML.	\$50.21	*	1.000000	\$50.21	60.32%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$50.21	60.32%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				58.000000	\$20.57	24.71%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$20.57	24.71%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	60.000000	\$11.22	13.48%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$20.57	*	0.030000	\$0.62	0.74%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$12.46	14.97%
(CD) Costo directo						\$83.24	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.6544%	\$7.20
SUBTOTAL1						\$90.44	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$1.80
SUBTOTAL2						\$92.24	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$9.22
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$101.46	
(* CIENTO UN PESOS 46/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
------------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Análisis: thw-2 cal 10

M.L.

SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG. CON CONTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIACOLOR NARANJA.

MATERIALES

CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG CON CONTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIACOLOR NARANJA.	M.L.	\$75.07	*	1.000000	\$75.07	93.09%
---	------	---------	---	----------	---------	--------

SUBTOTAL: MATERIALES

\$75.07 93.09%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)

JOR

AYUDANTE ESPECIALIZADO

JOR

\$492.99

*

1.000000

\$492.99

OFICIAL ELECTRICISTA

JOR

\$635.10

*

1.000000

\$635.10

CABO DE OFICIOS

JOR

\$650.88

*

0.100000

\$65.09

Importe:

\$1193.18

Rendimiento: M.L./JOR

300.000000

\$3.98

4.94%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$3.98 4.94%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR

%

\$3.98

*

0.030000

\$0.12

0.15%

CAMIONETA PICK UP NISSAN

HR

\$673.10

/

500.000000

\$1.35

1.67%

EQUIPO DE SEGURIDAD

%

\$3.98

*

0.030000

\$0.12

0.15%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$1.59 1.97%

(CD) Costo directo

\$80.64

100.00%

(CI) INDIRECTOS

8.6544%

\$6.98

SUBTOTAL1

\$87.62

(CF) FINANCIAMIENTO

1.9888%

\$1.74

SUBTOTAL2

\$89.36

(CU) UTILIDAD

10.0000%

\$8.94

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$98.30

(* NOVENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N. *)

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales
Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022
Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-2 cal 10c		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG.CON CONSTANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA COLOR CAFE.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO XHHW-2 CAL. 10 AWG CON CONTSANTE DIELECTRICA DE 3.1 Y ALTA IMPEDANCIA COLOR NARANJA.	M.L.	\$75.07	*	1.000000	\$75.07	93.09%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$75.07	93.09%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	4.94%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	4.94%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	1.67%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.15%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	1.97%
(CD) Costo directo						\$80.64	100.00%
(CI) INDIRECTOS						8.6544%	\$6.98
SUBTOTAL1						\$87.62	
(CF) FINANCIAMIENTO						1.9888%	\$1.74
SUBTOTAL2						\$89.36	
(CU) UTILIDAD						10.0000%	\$8.94
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$98.30	
(* NOVENTA Y OCHO PESOS 30/100 M.N. *)							

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: thw-ls 10		M.L.					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG. COLOR VERDE PUESTA A TIERRA, EN DUCTO VISIBLE HASTA 4 M.L. DE ALTURA.							
MATERIALES							
	CABLE TIPO THW-LS O THWN-LS CAL. 10 AWG	M.L.	\$14.77	*	1.000000	\$14.77	72.62%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$14.77	72.62%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: M.L./JOR				300.000000	\$3.98	19.57%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$3.98	19.57%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	6.64%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$3.98	*	0.030000	\$0.12	0.59%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.59	7.82%
	(CD) Costo directo					\$20.34	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.6544%	\$1.78	
	SUBTOTAL1					\$22.10	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$0.44	
	SUBTOTAL2					\$22.54	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$2.25	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$24.79	
	(* VEINTICUATRO PESOS 79/100 M.N. *)						

MOISES FREY OLAN

Obra: LEVANTAMIENTO FISICO REALIZADO EN CAMPO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE AISLAMIENTO PARA UN CUBICULO DE LA UNIDAD DE QUIROFANO

Duración: 5 días naturales

Fecha: 06/09/2022

Inicio Obra: 19/09/2022

Fin Obra: 23/09/2022

Lugar: Villahermosa, Tabasco

ANALISIS DE BÁSICOS

Código SAP	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Análisis: contra y monitor 3/4		PZA					
SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRA Y MONITOR DE 3/4".CON ADAPTADOR PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA REDUNDANTE							
MATERIALES							
	CONTRA DE 3/4	PZA	\$15.00	*	1.000000	\$15.00	19.41%
	MONITOR 3/4	PZA	\$16.00	*	1.000000	\$16.00	20.70%
	ADAPTADOR SISTEMA DE TIERRA	PZA	\$40.00	*	1.000000	\$40.00	51.75%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$71.00	91.86%
MANO DE OBRA							
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR					
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$492.99	*	1.000000	\$492.99	
	OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	\$635.10	*	1.000000	\$635.10	
	CABO DE OFICIOS	JOR	\$650.88	*	0.100000	\$65.09	
	Importe:					\$1193.18	
	Rendimiento: PZA/JOR				256.000000	\$4.66	6.03%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$4.66	6.03%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$4.66	*	0.030000	\$0.14	0.18%
	CAMIONETA PICK UP NISSAN	HR	\$673.10	/	500.000000	\$1.35	1.75%
	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$4.66	*	0.030000	\$0.14	0.18%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$1.63	2.11%
	(CD) Costo directo					\$77.29	100.00%
	(CI) INDIRECTOS				8.6544%	\$6.69	
	SUBTOTAL1					\$83.98	
	(CF) FINANCIAMIENTO				1.9888%	\$1.67	
	SUBTOTAL2					\$85.65	
	(CU) UTILIDAD				10.0000%	\$8.57	
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$94.22	
	(* NOVENTA Y CUATRO PESOS 22/100 M.N. *)						