



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Actualización Tecnológica de
la Central de Monitoreo en el
Área de Terapia Intermedia**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Hugo Iván Sarmiento Aguilera

ASESOR DE INFORME

Ing. Jaime Héctor Díaz Osornio



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que con su sacrificio y apoyo me dieron las herramientas necesarias para construir mi futuro, por sus desvelos para formarme y guiarme en el camino correcto, gracias, este logro les pertenece más a ellos que a mí y por el cual estaré infinitamente agradecido.

A mi Hermana, por su amor, amistad, apoyo, compañía y por las grandes decisiones que ha tomado.

Al Ingeniero Jaime Héctor Díaz Osornio, por las grandes enseñanzas que impartió en el salón de clases, por la gran asesoría y ayuda brindada en este tiempo para poder finalizar este trabajo.

Al Doctor Jesús Manuel Álvarez López por el apoyo y la guía recibida para acrecentar este trabajo.

A mis amigos de la facultad (BnCh), que hicieron esta travesía de la universidad única e inolvidable, que con este tiempo en la universidad se volvieron mis hermanos, a cada uno de ellos gracias por su gran apoyo, compañerismo y sinceridad en las buenas y en las malas.

A cada uno de los profesores de la Facultad de Ingeniería, que brindaron su conocimiento, apoyo y amistad para formarnos como buenos ingenieros, que a su vez siembran en cada uno de nosotros el amor por la ingeniería y la carrera.

A Alejandra y Marlene, que a pesar de las cosas tuvieron el tiempo necesario para leer este trabajo, por brindarme su sinceridad, amistad, consejos, apoyo y sus puntos de vista.

A mis amigos, que estuvieron en el trascurso de la carrera y en el desarrollo de este trabajo brindándome su gran apoyo y preocupación.

A mis ex-compañeros de trabajo (INC) y compañeros de trabajo, que gracias a sus enseñanzas, apoyo y amistad he podido desarrollar de la mejor manera las aptitudes aprendidas en la universidad y ser el ingeniero que soy al día de hoy.

A cada uno de ustedes ¡MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE

1. TEMA Y PROBLEMÁTICA	1
1.1 Tema	1
1.2 Problemática	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Terapia Intermedia	3
3.2 Central de Enfermería	4
3.3 Monitor De Signos Vitales	5
3.3.1 Descripción General.....	5
3.3.2 Monitores de signos vitales y su relación con la Central de monitoreo.....	6
3.3.3 Tipos de Configuración de los Monitores de Signos Vitales Respecto a Parámetros ..	6
3.3.4 Tipos de Monitores de Signos Vitales	8
3.3.5 Clasificación de los Monitores de Signos Vitales de Acuerdo al Riesgo	9
3.3.6 Fallas Comunes en los Monitores de Signos Vitales	10
3.3.7 Switches.....	12
3.3.8 Electrocardiograma (ECG).....	14
3.3.9 Saturación de Oxígeno <i>SPO2</i>	18
3.3.10 Presión Arterial no Invasiva (PANI)	21
3.3.11 Temperatura Corporal	22
3.4 Central de Monitoreo.....	24
3.4.1 Descripción General.....	24
3.4.2 Principios de Operación.....	25
3.4.3 Clasificación de Acuerdo al Riesgo.....	26
3.4.4 Fallas Comunes en las Centrales de Monitoreo	27
4. DATOS ANALIZADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CENTRAL DE MONITOREO ...	29
4.1 Normatividad Mexicana de los Mantenimientos Preventivos y Correctivos	29
4.2 Motivo de Actualización del Equipo.....	30
4.3 Monitores de Signos Vitales en el Área	31
4.4 Versiones de Software y Compatibilidad en Red de los Monitores de Signos Vitales ..	36
4.5 Criterios Para la Elección de la Central de Monitoreo	37
4.6 Centrales de Monitoreo Candidatas Para la Actualización	37
4.7 Elección de UPS y Pruebas de Soporte de Energía	44
4.8 Norma Mexicana Acerca del Soporte de Energía en el Área Hospitalaria.....	52
5. PARTICIPACIÓN PROFESIONAL Y RESULTADOS.....	53
5.1 Instalación y Configuración de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia.....	53
6. CONCLUSIONES.....	64
7. BIBLIOGRAFÍA	66

1. TEMA Y PROBLEMÁTICA

1.1 Tema

El presente trabajo pretende realizar un reporte de la actualización tecnológica de una central de monitoreo en el área de terapia intermedia; la cual el instituto solicito a la empresa donde laboro una adecuada comunicación con los monitores de signos vitales que se utilizan en esta área.

1.2 Problemática

La central de enfermería en el área de terapia intermedia cuenta con una central de monitoreo para poder de manera continua supervisar, visualizar y revisar los parámetros vitales que recogen los monitores de signos vitales General Electric de cada uno de los pacientes; ésta información es recopilada y enviada a través de una red de comunicación.

La central de monitoreo original del área presentó continuamente fallas que llevaban a realizar mantenimientos correctivos frecuentes, implicando inversión en recursos que ya no resultaban costo efectivos para la institución. Por lo cual la institución tomó la decisión de la actualización tecnológica de dicho equipo.

La tarea que se encomendó en la empresa fue la selección adecuada del equipo y su instalación en el área; conservando la comunicación con los monitores de signos vitales utilizados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar la actualización tecnológica de la central de monitoreo en el área de terapia intermedia.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una evaluación de condiciones de funcionamiento de los monitores de signos vitales instalados en los cubículos del área de terapia intermedia.
- Realizar la evaluación de las características técnicas de la central de monitoreo necesaria.
- Instalar y comprobar la comunicación de los monitores-central en el área de terapia intermedia.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Terapia Intermedia

A lo largo de la historia, uno de los temas principales de la humanidad ha sido la salud; anteriormente la esperanza de vida de la población era muy baja, sin embargo, con el desarrollo de la medicina, la esperanza de vida ha aumentado considerablemente a través de los años, todo esto, con ayuda de los diferentes avances tecnológicos que se han dado con el paso del tiempo, siendo el sector salud uno de los más beneficiados. Dentro de los desarrollos más importantes en este ramo, y que están fuertemente ligados con la ingeniería, está la creación de hospitales, lugares donde se concentra la población que presenta enfermedades o padecimientos con el fin de ser atendidos y sanados.

Los hospitales a su vez fueron mejorando sus técnicas de atención que permitieran atender de forma más eficiente a la población y sus padecimientos, por lo que se instrumentaron tres niveles de atención en la organización del sistema de salud con los cuales se crearon diferentes áreas especializadas o específicas para cada padecimiento como, por ejemplo: terapia intensiva, terapia intermedia, quirófanos, urgencias, consultorios, etcétera, y en cada una de ellas, los pacientes reciben la atención médica que requieren de acuerdo a su padecimiento.

Dentro de todas estas áreas, el servicio que nos ocupa, es de terapia intermedia en la cual, el personal médico y de enfermería realiza cuidados continuos a los pacientes que por su condición de salud, no pueden ser atendidos en otras áreas del hospital. Aquí, cada paciente se encuentra en cubículo individual y sus signos vitales son vigilados continuamente bajo un sistema de monitoreo centralizado, es decir, la información de los pacientes es direccionada a la central de enfermeras donde se ubica la central de monitoreo, por lo que el personal de enfermería puede atender de manera inmediata cualquier cambio fisiológico que presente un paciente (Figura1).



Figura 1. Unidad de Terapia Intermedia (fotografía tomada por el autor).

3.2 Central de Enfermería

“La central de enfermeras es el área donde el personal de enfermería programa, organiza y realiza sus actividades relacionadas con el cumplimiento de las órdenes médicas, el cuidado de los pacientes hospitalizados y apoyo en sus actividades al personal médico” [1].

La NOM-016-SSA3_2012 establece que todas las áreas en las que se proporcione asistencia y cuidados a pacientes hospitalizados, deben contar con una central de enfermeras, con las siguientes características:

- Las áreas, dimensiones y circulaciones deberán permitir el desarrollo de las funciones y actividades propias del personal de enfermería.
- Es indispensable que su ubicación tenga libre y rápido acceso a las áreas en donde se encuentren internados los pacientes a su cargo.
- Contar con el mobiliario y equipo especificado en el Apéndice G (Normativo).
- El área de trabajo de enfermeras, deberá estar libre de fuentes de contaminación y dispondrá del mobiliario para guarda de medicamentos, soluciones y material de curación que utilice.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Las características mencionadas corresponden al área de terapia intermedia que nos ocupa.



Figura 2. Central de Enfermería (fotografía tomada por el autor).

3.3 Monitor De Signos Vitales

3.3.1 Descripción General

La definición de la GMDN (Global Medical Device Nomenclature) la describe como:

Equipo que detecta, mide y despliega en pantalla, de forma continua múltiples parámetros fisiológicos asociados a un solo paciente: electrocardiograma, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, presión no invasiva, oximetría de pulso, capnografía y presión invasiva, con opción de medir gasto cardíaco e índice biespectral (p. 1). [2]

El principal funcionamiento de los monitores de signos vitales es adquirir, desplegar de manera visual en una pantalla y transmitir los parámetros fisiológicos del paciente en forma de curvas o números. Dependiendo de su configuración el monitor puede adquirir diferentes señales tales como electrocardiograma (ECG), frecuencia respiratoria (FR),

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

presión no invasiva (PNI), presión invasiva (PI), temperatura (Te), saturación de oxígeno (SpO₂), gasto cardiaco, dióxido de carbono (CO₂) entre otros. Todos los monitores tienen un sistema de alarmas configurable el cual permite atender de manera inmediata cualquier cambio fisiológico que este fuera de los límites naturales de los pacientes, además algunos monitores cuentan con un registrador de manera integrada o removible para imprimir las curvas fisiológicas o valores numéricos del paciente. [3].

3.3.2 Monitores de signos vitales y su relación con la Central de monitoreo.

Los monitores de signos vitales funcionan de manera independiente, es decir, no se necesita ningún otro equipo para poder llevar a cabo su función de monitorización. Por otra parte, algunos monitores están conectados a una central de monitoreo; el enlace de ambos equipos reduce el tiempo de traslado del personal de enfermería y mejora la monitorización de los pacientes debido a que toda la información se encuentra centralizada.

La combinación de ambos equipos es muy valiosa para los médicos y enfermeras, ya que tienen a su disposición toda la información necesaria para tomar mejores decisiones a la hora de realizar un tratamiento o diagnóstico [3].

3.3.3 Tipos de Configuración de los Monitores de Signos Vitales Respecto a Parámetros

Los monitores de signos vitales miden los parámetros del paciente a través de varias estructuras o composiciones especificadas por el fabricante, dichos monitores pueden ser:

- Pre-configurados.

Tal como dice su nombre, estos monitores son fijados desde la fábrica con una cierta configuración (Figura 3), por lo que resulta imposible agregar posteriormente algún parámetro. Esto conlleva a que una de sus desventajas sea que el equipo quede fuera de servicio por presentar fallas en los parámetros configurados, perdiendo tiempo y dejando sin uno o varios equipos al hospital en lo que se lleva a cabo su mantenimiento correctivo [3].

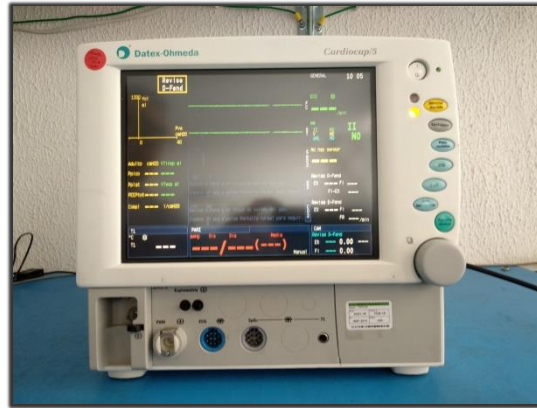


Figura 3. Monitor de signos vitales pre-configurado Datex-Ohmeda CardiCap/5 (Fotografía tomada por el autor).

➤ **Modulares**

En este caso, los monitores usan dispositivos adicionales conocidos como módulos, los cuales permiten al usuario seleccionar los parámetros que se desean medir. Estos módulos pueden ser uniparamétricos, caracterizados por ser independientes para cada uno de los parámetros, o multiparamétricos, utilizados para un conjunto de parámetros [3].

Una de las ventajas de los monitores modulares, es que dichos módulos pueden ser intercambiados entre un monitor y otro, siempre y cuando, el monitor sea de la misma marca, o en su defecto, sean compatibles a través del software, por lo que, si en algún momento un módulo falla o se daña, este podrá ser intercambiado por otro en buen estado (Figura 4 y 5), permitiendo que el monitor siga funcionando en lo que el módulo dañado recibe su mantenimiento correctivo [3].



Figura 4. Rack uniparamétrico del monitor de signos vitales modular HP Viridia 24CT (Fotografía tomada por el autor)



Figura 5. Módulo multiparamétrico TRAM 451 (Fotografía tomada por el autor).

3.3.4 Tipos de Monitores de Signos Vitales

Los monitores se clasifican en dos tipos:

1. **Fijos.** Son monitores que se encuentran en cada uno de los cubículos, colocados en la cabecera del paciente y se encuentran sujetos a la pared a través de bases o soportes diseñados por el fabricante [3]. Estos monitores pueden ser de 3 tipos:
 - Anestesia. Son monitores sujetos a las máquinas de anestesia diseñados especialmente para monitorizar aquellos sistemas que pueden sufrir daños por la falta de oxigenación, tales como el corazón, cerebro y riñones. Estos monitores cuentan con parámetros como: ECG, PI, PNI, gasto cardiaco, CO2, agentes anestésicos entre otros [3].
 - Adulto/pediátrico. Estos monitores pueden ser configurados dependiendo del paciente a monitorizar, siempre y cuando se tengan los consumibles adecuados que permitan la alternancia de uso entre un paciente adulto y uno pediátrico, tales como brazaletes de PNI, electrodos y sensores [3].
 - Neonatal. Estos monitores especiales, consideran variables parecidas a las del monitor adulto/pediátrico, sin embargo, cuentan con algoritmos especializados en neonatos, lo que permite tener mayor visualización de los aspectos fisiológicos de los recién nacidos. Existen algunos casos, en los que un monitor adulto/pediátrico puede configurarse como monitor neonatal [3].

2. Transporte. Este tipo de monitores no se encuentran fijos y son de gran utilidad para visualizar las constantes vitales del paciente en caso de que necesite trasladarse, sin embargo, deben de contar con un banco de baterías amplio que permita seguir suministrando la energía necesaria mientras el equipo está desconectado [3]. Estos monitores pueden ser de 2 tipos:

- Intrahospitalarios. Son utilizados para monitorear al paciente mientras se traslada de un área a otra dentro la misma institución; estos deben de contar con una o varias baterías integradas para una duración de soporte de al menos dos horas [3].
- Interhospitalarios. Son utilizados para monitorizar al paciente cuando sea trasladado de una institución de salud a otra, o en la mayoría de los casos, de un lugar de percance a una institución de salud. Al igual que los intrahospitalarios, estos monitores deben de contar con una batería integrada para una duración de soporte de al menos dos horas, pero además, es necesario que cuenten con un dispositivo o conector específico de fábrica que le permita conectarse a la ambulancia y ser alimentado con un voltaje de 12V [3].

3.3.5 Clasificación de los Monitores de Signos Vitales de Acuerdo al Riesgo

Así como las centrales de monitoreo, los monitores de signos vitales tienen una clasificación de acuerdo al riesgo a la salud emitida por el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, existen ciertos criterios para la clasificación de los monitores de signos vitales (véase Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de Riesgos (Guía Tecnológica No. 13 Monitores de Signos Vitales; Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud)

Entidad	Riesgo	Razón
COFEPRIS	Clase II	Para aquellos insumos conocidos en la práctica médica y que pueden tener variaciones en el material con el que están elaborados o en su concentración y, generalmente se introducen al organismo permaneciendo menos de 30 días.
GHTF	C: riesgo alto moderado	Debido a que estos dispositivos monitorizan y/o procesos fisiológicos de alta importancia para la salud del paciente.

* Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, Secretaría de Salud

** Global Harmonization Task Force

3.3.6 Fallas Comunes en los Monitores de Signos Vitales

Los monitores al igual que las centrales pueden presentar fallas en algunos de sus componentes y esto dependerá del modelo y fabricante del mismo. Algunas de las fallas más comunes en los monitores de signos vitales son: que el dedal para la saturación de oxígeno no encienda, que el brazalete para medir la presión no invasiva (PANI) no insufla o que la pantalla se quede sin imagen. Cada una de estas fallas puede ser causada por diferentes cuestiones como por ejemplo, la falla del dedal de la saturación (Figura 6) puede ser causado por daños en el sensor del dedal o en la tarjeta encargada del procesamiento de la señal; para la falla de la PANI, la principal causa se encuentra en la bomba que insufla el brazalete, ya que ésta si se daña, no permite alcanzar la presión deseada para empezar la medición, la segunda causa es que alguna de las mangueras del circuito de la bomba de la PANI se encuentre desconectada por algún golpe o caída. Y finalmente, en las fallas por falta de imagen pueden ser causadas por daño de la membrana (Figura 7) del display (que es la encargada de llevar la información de la imagen), la tarjeta inversora que da el voltaje necesario para producir la imagen o que se produzca una falla en el mismo display (Figura 8).

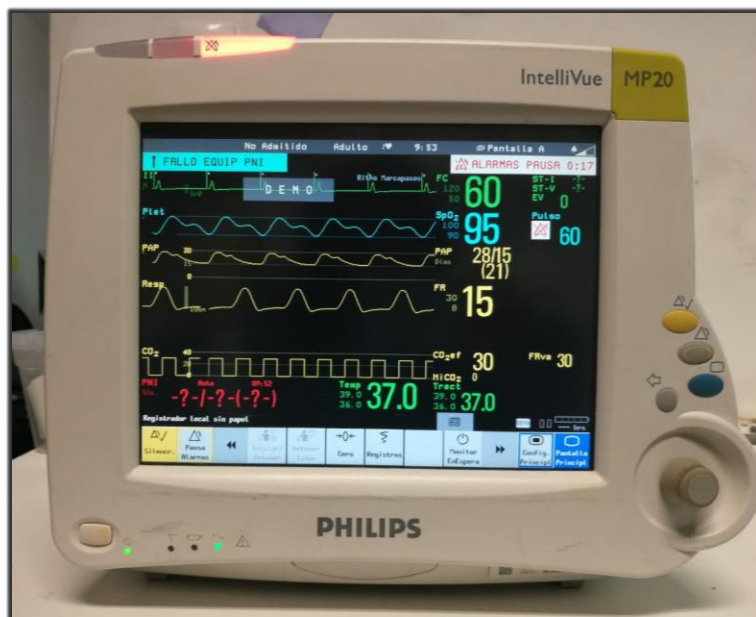


Figura 6. Falla parámetro de saturación de oxígeno en monitor Philips MP20 (Fotografía tomada por el autor).

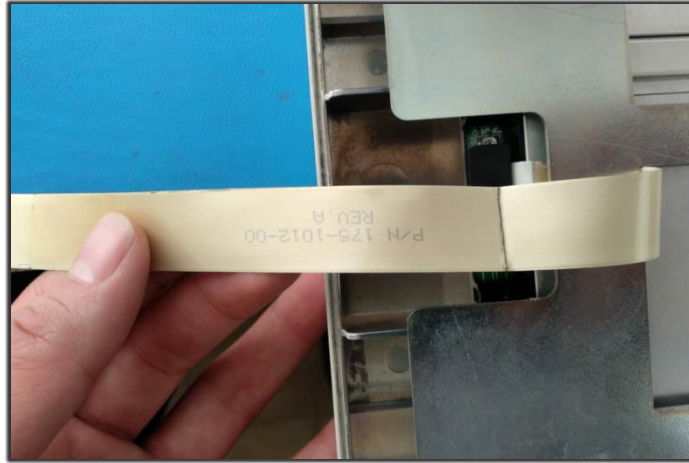


Figura 7. Membrana dañada monitor Dash 4000 (Fotografía tomada por el autor).



Figura 8. Falla de display en monitor Dash 4000 (Fotografía tomada por el autor).

En el caso de los monitores de signos vitales de General Electric modelo Solar 8000M, la falla más común se presenta en el módulo multiparamétrico TRAM 451 que se conecta al monitor; esta se debe a que la tarjeta encargada de saturación de oxígeno se daña. Para la reparación del módulo se requiere hacer cambio total de la tarjeta debido a que varios de sus componentes se encuentran encapsulados, es decir, se encuentran cubiertos de algún tipo de resina lo cual dificulta su reparación (Figura 9).

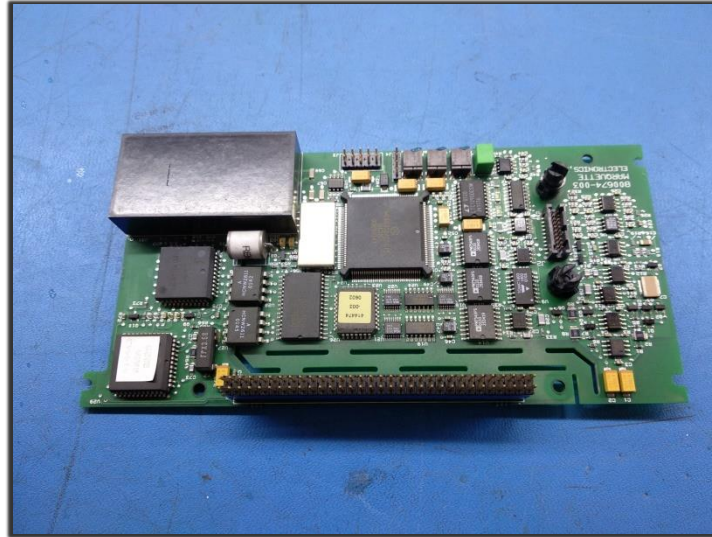


Figura 9. Tarjeta de Saturación de oxígeno equipo TRAM 451 (Fotografía tomada por el autor).

3.3.7 Switches

Las centrales de monitoreo requieren de un switch para llevar a cabo la comunicación con los monitores de signos vitales, esto debido a que se necesita administrar la transferencia de datos hacia la central, sin embargo, ésta cuenta con un puerto de red en la cual sólo se puede conectar un monitor de signos vitales directamente, sin embargo, si se emplea un switch, se podría conectar el número de monitores, camas o sectores requeridos por un área, de acuerdo al número de puertos de red que el switch dispone.

Para llevar a cabo la transmisión, recepción de datos y administración de uno o varios equipos conectados en una misma red se requiere de un switch, éste es un dispositivo especial diseñado para conectar: computadoras, servidores o impresoras dentro de la misma red. A su vez el switch actúa como controlador, es decir administra la recepción y transmisión de datos de los equipos conectados. Existen dos tipos básicos de switches:

- Switch No Administrado. Este equipo funciona de manera automática y no permite realizar ningún cambio en su programación. Generalmente se utilizan en redes domésticas [4].
- Switch Administrado. A diferencia del anterior, estos permiten realizar cambios en su programación o configuración, lo que proporciona una gran flexibilidad para supervisar y configurar la transferencia de datos, el acceso de dispositivos a la red. Este dispositivo puede ser configurado de forma local o remota [4].



Figura 10. Switch CISCO Catalyst 2960 Serie (Fotografía tomada por el autor).

La conexión entre los tres dispositivos es muy fácil; para la mayoría de los fabricantes de equipo se lleva a cabo de la siguiente manera: se emplea un switch de veinticuatro puertos de red, de los cuales los puertos del uno al dieciocho se utilizan para conectar los monitores de signos vitales y dependiendo del fabricante, la conexión a los puertos puede ser: sin orden, conectando el equipo a cualquier puerto del switch u ordenadamente, en el cual, se tiene que respetar un orden para conectar, esto dependerá de la configuración del switch y la central. En el caso de las centrales de General Electric los monitores no tienen orden para ser conectados ya que al final, los puertos del diecinueve al veinticuatro son utilizados para conectar la central sin importar el orden, siempre y cuando se respete la configuración del switch (Figura 11).

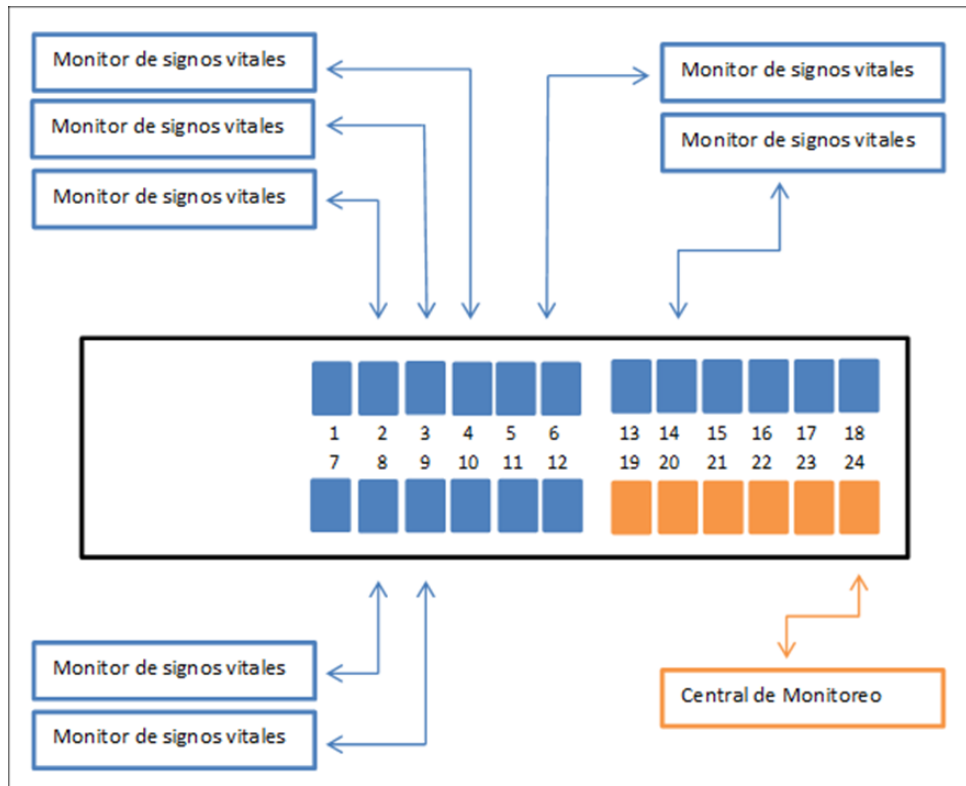


Figura 11. Diagrama de conexión de la central de monitoreo con los monitores de signos vitales (Diagrama elaborado por el autor).

3.3.8 Electrocardiograma (ECG)

Las centrales de monitoreo adquieren las señales vitales a través de los monitores de signos vitales, cada uno de estos trazos permiten observar el buen funcionamiento del cuerpo humano como ya se había mencionado en los puntos anteriores; uno de los trazos más importantes es el electrocardiograma (ECG) que muestra la información de las señales eléctricas que recorren el corazón.

El corazón es un músculo autónomo que pertenece al sistema cardiovascular encargado de llevar a cabo la circulación sanguínea a través de las arterias y venas mediante contracciones sincronizadas. Estas contracciones son provocadas por potenciales de acción también conocidos como impulsos eléctricos. Los impulsos o potenciales que genera el corazón viajan a través de cuerpo humano y son adquiridos a través de electrodos colocados en la piel, después son procesados por el monitor de signos vitales y al final son representados en una gráfica llamada electrocardiograma (ECG) en la cual se puede observar los parámetros eléctricos del funcionamiento del órgano (Figura 13).

Los potenciales de acción recorren todo el corazón y se inician en el llamado nodo sinoauricular, pasando a través de las células hacia el nodo auriculoventricular, llegando así, a un cuello de botella llamado Haz de His el cual, divide la señal hacia las ramas derecha e izquierda y finalizando en una red extensa de ramificaciones denominadas fibras de Purkinje, (Figura 12) [5].

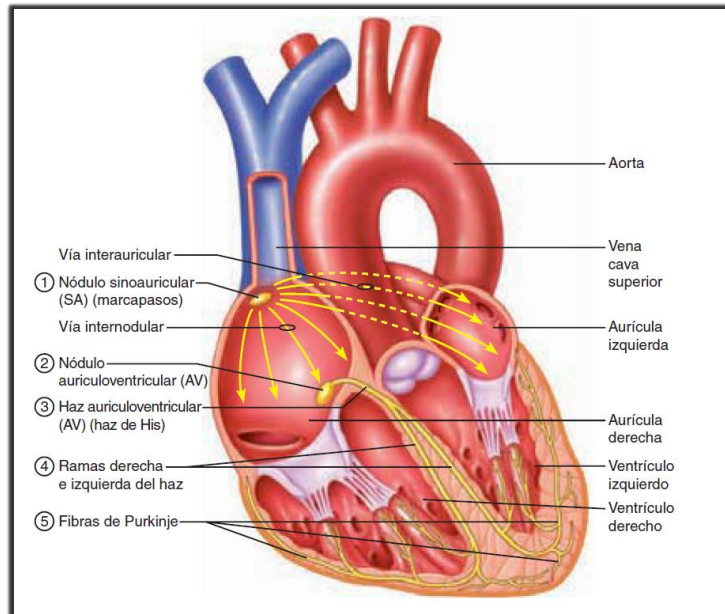


Figura 12. Sistema de conducción del corazón (Stanfield C., Principios de Fisiología Humana, Pearson, 2011).

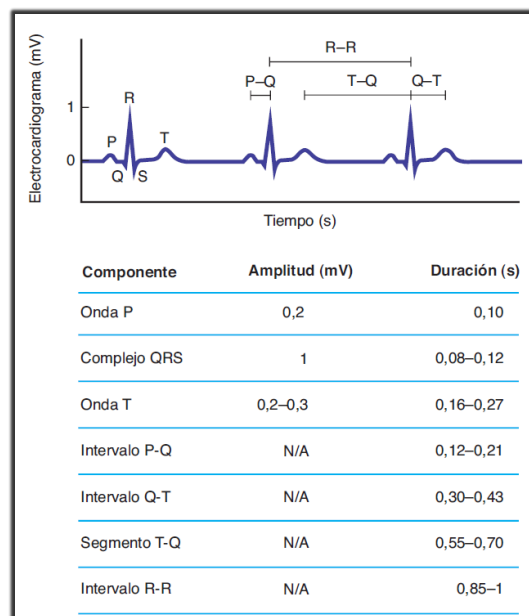


Figura 13. Actividad eléctrica del corazón (Stanfield C., Principios de Fisiología Humana, Pearson, 2011).

La técnica de la adquisición de los potenciales de acción fue desarrollada por el fisiólogo Holandés Williem Einthoven, sobre esto, el libro de *Principios de Fisiología Humana*, Stanfield (2011), nos dice lo siguiente:

El procedimiento de un registro de EGC normal se basa en un triángulo equilátero imaginario que rodea el corazón. El triángulo se expande hasta que sus vértices llegan al brazo derecho, brazo izquierdo y pierna izquierda, lo que se denomina el triángulo de Einthoven. Los electrodos situados en la piel en los vértices del triángulo están conectados de dos en dos a un aparato medidor de voltaje (p. 376).

A cada par de electrodos se le llaman “derivaciones” las cuales son marcadas con un número romano y en cada una de ellas se considera un electrodo positivo otro negativo [5].

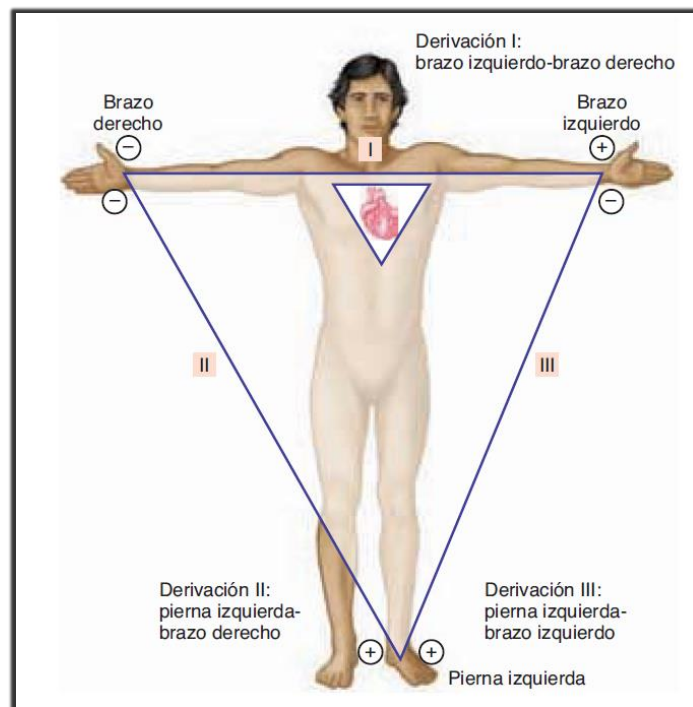


Figura 14. Triángulo de Einthoven (Stanfield C., *Principios de Fisiología Humana*, Pearson, 2011).

Cada una de las derivadas puede ser medida de manera directa a través de los electrodos, pero también en la ley de Einthoven nos menciona que podemos conocer el

valor de la derivada a través de cálculos matemáticos; esta ley descrita en el libro *Tratado de Fisiología Médica, Guyton y Hall (2011)*, menciona lo siguiente:

La Ley de Einthoven afirma que si en cualquier momento dado, si conocen los potenciales eléctricos del corazón de dos de cualquiera de las tres derivaciones electrocardiográficas bipolares de las extremidades, se puede determinar matemáticamente la tercera simplemente sumando las dos primeras (p. 128).

Los monitores de signos vitales no emplean esta técnica debido a que solamente es una técnica basada en cálculos numéricos en cambio los monitores de signos vitales adquieren cada uno de los potenciales eléctricos a través de los electrodos, por lo que si se desconecta cualquier electrodo se pierde el trazo de esa derivada en la pantalla del monitor.

Existen otras tres derivaciones en el plano frontal llamadas “Derivaciones Unipolares Aumentadas” (figura 15), que se obtienen como se describe en el *Tratado de Fisiología Médica, Guyton y Hall (2011)*, nos dicen que:

(...) dos de las extremidades se conectan mediante resistencias eléctricas al terminal negativo del electrocardiógrafo y la tercera extremidad se conecta al terminal positivo. Cuando el terminal positivo está en el brazo derecho la derivación se conoce como derivación aVR, cuando está en el brazo izquierdo es la derivación aVL y cuando está en la pierna izquierda es la derivación aVF (p. 129-130).

En la práctica clínica se utilizan doce derivaciones, seis en el plano frontal y seis en el plano transversal u horizontal, llamadas derivaciones precordiales. Al igual que las derivaciones aumentadas, estos electrodos son unipolares colocados a lo largo del tórax, que van desde la pared torácica anterior, de modo que los electrodos se colocan secuencialmente en seis puntos (Figura 15). Como la superficie del corazón está cerca de la pared torácica, cada una de estas derivaciones registra principalmente el potencial eléctrico de la musculatura cardíaca que está inmediatamente debajo del electrodo [6].

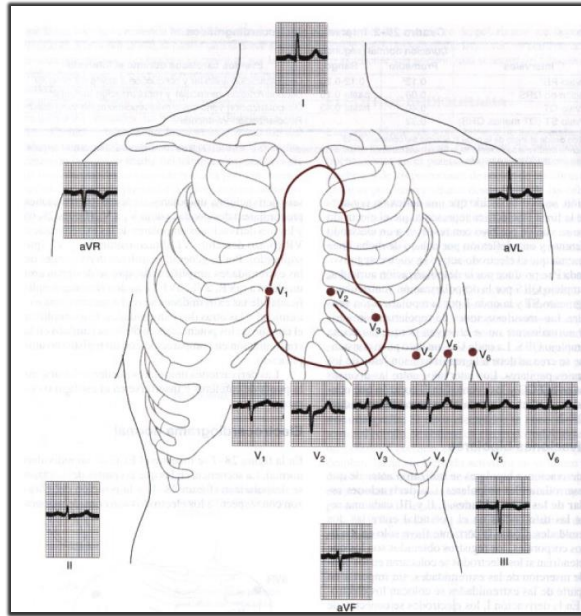


Figura 15. Derivaciones precordiales (Ganong W., Fisiología Médica)

Con el trazo de cualquiera de las derivadas del ECG, el monitor lleva a cabo la acción de medir los latidos por minuto LPM a través de los cambios de voltaje. Este valor dado de manera numérica por el monitor y significa las veces que el corazón bombea sangre en el intervalo de tiempo equivalente a un minuto.

3.3.9 Saturación de Oxígeno SpO_2

La adecuada oxigenación del cuerpo es un parámetro muy importante para el correcto funcionamiento del cuerpo humano, por lo que es de vital importancia llevar la adecuada monitorización de dicho parámetro.

La oxigenación de la sangre es un proceso que se lleva a cabo dentro del sistema respiratorio en el cual se realiza el cambio de oxígeno y del dióxido de carbono, este proceso empieza desde el ingreso del aire por la boca o nariz, pasa por la faringe, entra en la laringe y sigue hacia abajo por la tráquea, llegando a los bronquios y bronquiólos, finalizando en las paredes alveolares, donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso del dióxido de carbono que sale del torrente sanguíneo y el oxígeno que ingresa (Figura 16).

La transportación del oxígeno a través del cuerpo se lleva a cabo por el torrente sanguíneo; el oxígeno después de ingresar por las paredes alveolares es acarreado por medio de la hemoglobina, la cual se encuentra dentro de los glóbulos rojos [5].

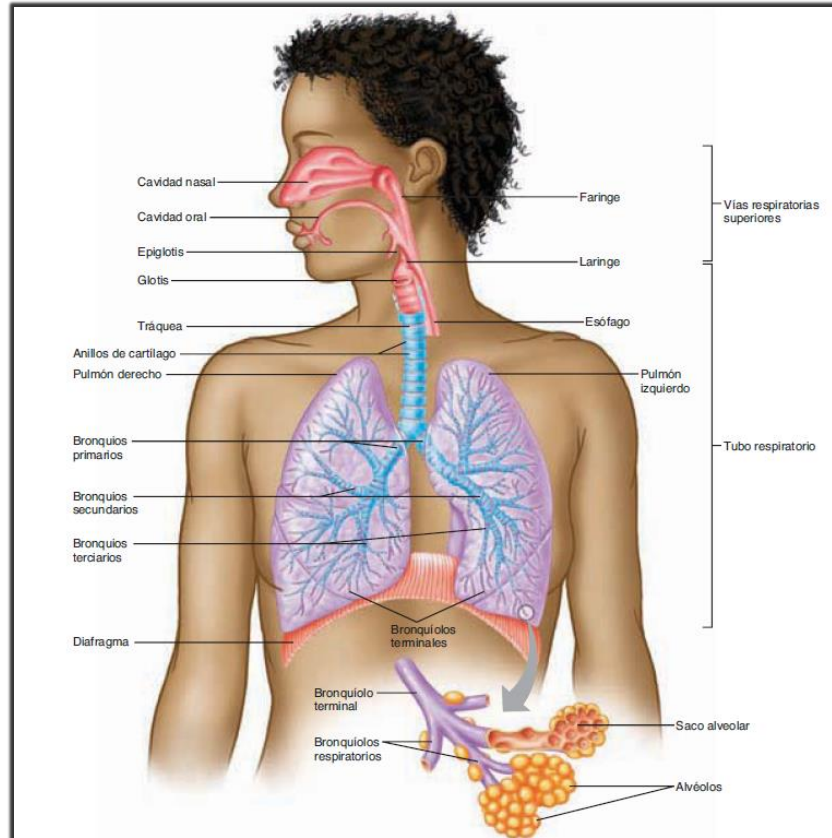


Figura 16. Anatomía de las vías respiratorias. (Stanfield C., Principios de Fisiología Humana, Pearson, 2011).

El cuerpo humano requiere de una cierta cantidad de oxígeno para desarrollar sus actividades de manera normal, para conocer si se tiene la cantidad de oxígeno necesaria se tiene una relación llamada saturación de oxígeno (SPO_2), que es la relación entre la concentración de hemoglobina oxigenada u oxihemoglobina (HbO_2), la cual como su nombre lo menciona, acarrea oxígeno, y la desoxihemoglobina o hemoglobina reducida (Hb) la cual acarrea dióxido de carbono. Este parámetro denota la cantidad de oxígeno que pasa por los alveolos a la sangre.

Para conocer esta relación se utiliza la pulsioximetría, este es un método no invasivo para medir la saturación de oxígeno en la sangre (SPO_2) y que funciona a través de la detección de oxihemoglobina y la hemoglobina reducida, por medio de dos diferentes longitudes de ondas de luz [7].

Mediante un sistema pulsátil se emiten dos luces, luz roja (669nm) y luz infrarroja (940nm). La oxihemoglobina y la hemoglobina reducida tienen diferentes coeficientes de

absorción de la luz, la oxihemoglobina tiene una mayor absorción hacia la luz infrarroja y la hemoglobina reducida tiene mayor absorción hacia la luz roja. Estas luces, atraviesan el árbol arterial y son medidas por un fotodetector (Figura 17), el cual mide la diferencia de luz inicial y luz final, determinando así el valor de la saturación de oxígeno [7].

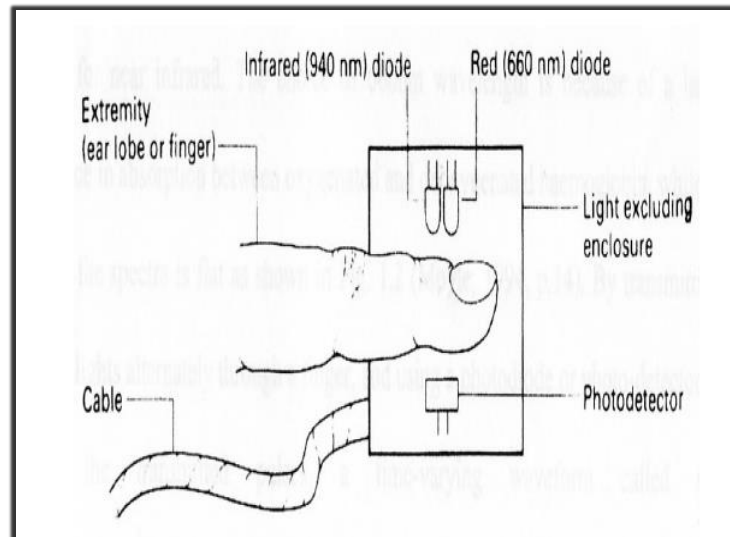


Figura 17. Sensor de pulsioximetría (Mohamed, Shukri, Ariffuddin, y Mahadi, 2011).



Figura 18. Sensores de Saturación de oxígeno (Fotografía tomada por el autor).

La medición de este parámetro se lleva a cabo mediante sensores dedales para adultos, pediátricos y neonatales, en algunos casos neonatales el dedo del infante es demasiado pequeño por lo cual se coloca el sensor en la oreja.

3.3.10 Presión Arterial no Invasiva (PANI)

El aparato cardiovascular consiste en una serie de tuberías por donde circula la sangre; para este tipo de sistemas de tuberías se tiene una regla, la cual, en *Principios de Fisiología Humana, Stanfield (2011)*, nos afirma que:

(...) la velocidad del flujo de un líquido (volumen de líquido que fluye por unidad de tiempo) a través de una tubería es directamente proporcional a la diferencia de presión entre los dos extremos de la tubería (gradiente de presión) e inversamente proporcional a la resistencia de la tubería (p. 396).

Esto nos explica que, si hay una diferencia de presión entre dos lugares, el gradiente de presión conducirá el flujo de donde hay mayor presión al de menor presión. El corazón al generar las contracciones e impulsar la sangre a través de las arterias, crea una diferencia de presión entre las arterias y las venas, empujando el flujo sanguíneo [5].

Cuando se intenta medir la presión no invasiva, se está midiendo una estimación de la presión aórtica, sin embargo, no existe una manera práctica de medirla directamente. Por este motivo, la presión se mide normalmente en la arteria braquial que pasa por el antebrazo ya que esta arteria tiene la misma longitud que la aorta y no está lejos del corazón, haciendo que la presión en esta arteria sea similar a la presión aórtica [5].

El método indirecto más popular es con un esfigmomanómetro, el cual consiste en una banda, una perilla insufladora y un manómetro. La banda se coloca alrededor del antebrazo que, al inflarse con la perilla, eleva la presión y la trasmite a través del tejido hasta la arteria braquial (Figura 19). La presión se eleva tanto que iguala la presión sistólica, provocando un colapso en la arteria y haciendo que el flujo sanguíneo se detenga por lo que, en este punto, no se puede escuchar sonido alguno. Después, se abre una válvula y se deja salir el aire lentamente, permitiendo que la presión baje. Cuando la presión del brazalete está por debajo de la presión sistólica, la arteria se abre con cada latido debido a que la presión de la arteria es mayor que la presión del exterior. Esta apertura genera que el flujo de la sangre sea turbulento, creando un sonido llamado “*sonido de Korotkoff*”, que cuando aparece por primera vez, se debe anotar la presión del manómetro y se registra como presión arterial sistólica, pero, si se continúa liberando el aire hasta que la presión del brazalete es menor a la presión arterial, el flujo de sangre se

vuelve laminar y los sonidos de Korotkoff desaparecen y esto se registra como presión arterial diastólica [5].

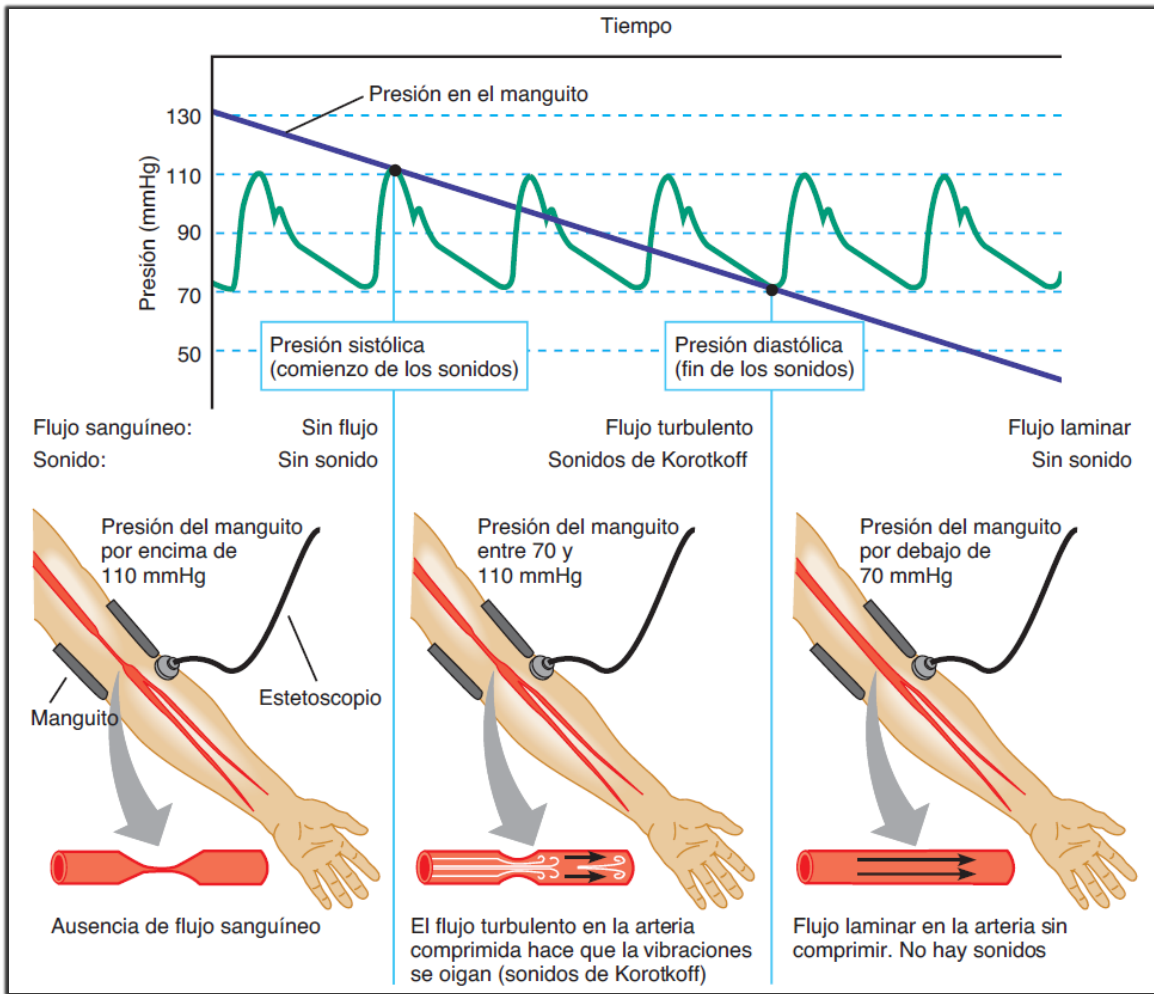


Figura 19. Procedimiento para la medición de presión arterial (Stanfield C., Principios de Fisiología Humana, Pearson, 2011).

En el caso de los monitores de signos vitales, éstos cuentan con un microprocesador que controla el inflado del brazalete, sensores de presión para medir la presión y sensores capaces de detectar los sonidos de Korotkoff [5].

3.3.11 Temperatura Corporal

El humano como cualquier otro ser vivo es afectado por los cambios de temperatura que llegan a producirse en el medio ambiente, sin embargo, el cuerpo humano tiene la capacidad de mantener la temperatura en un cierto rango a través de la termorregulación.

Una región específica dentro del cerebro llamada hipotálamo es el encargado de regular la temperatura en el organismo mediante el control de la producción de calor por medio del metabolismo o pérdida mediante cuatro mecanismos que son: radiación (ondas electromagnéticas que se emanan o se absorben), conducción (por el tacto de los objetos con la piel), evaporación (a través del sudor segregado por las glándulas sudoríparas) y convección (por el flujo de aire que rodea al cuerpo); cada uno de estos mecanismos sirven para perder calor, pero también sirven para aumentar el calor siempre y cuando la temperatura del ambiente sea mayor a la temperatura del cuerpo, a excepción del mecanismo de evaporación.

La temperatura del cuerpo humano se mantiene aproximada a 37 [°C] en las zonas centrales, partiendo de esta zona hacia la piel y las extremidades la temperatura disminuye [5]. Con ayuda de los monitores se puede prevenir un aumento o disminución de la temperatura llegando a niveles críticos y provocando una hipotermia (disminución de la temperatura) o hipertermia (aumento de la temperatura), en ambos casos si no se atienden de manera inmediata pueden provocar la muerte.

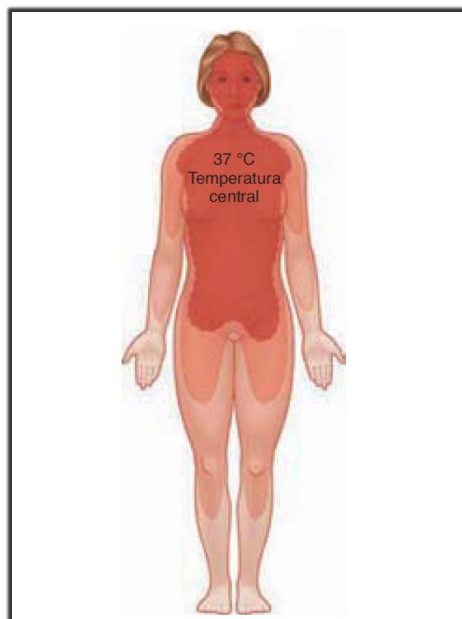


Figura 20. Temperatura Corporal (Stanfield C., Principios de Fisiología Humana, Pearson, 2011).

Existen muchos dispositivos o componentes para medir la temperatura, pero los monitores de signos vitales utilizan los termistores debido a que tienen una alta sensibilidad a los cambios de temperatura lo cual hace que la medición sea más precisa. La temperatura que mide el termistor genera una diferencia de voltaje la cual es medida por el monitor de signos vitales, es procesada y desplegada en forma de un valor numérico. El voltaje generado por el termistor tiene una característica no lineal y un intervalo de medición de -200 a 1000 [°C], pero cuando se limita el intervalo de medición en un rango reducido la linealidad mejora.

Existen varios tipos de sensor de temperatura como son los cutáneos que son colocados en la piel del paciente o invasivos los cuales son introducidos por alguna de las cavidades del cuerpo; todos funcionan bajo el mismo principio, pero tienen diferente forma o tipo de conexión al monitor dependiendo el fabricante.

3.4 Central de Monitoreo

3.4.1 Descripción General

La definición de la GMDN (Global Medical Device Nomenclature) la describe como:

Equipo que continuamente recibe y despliega en pantalla los signos vitales de uno o más monitores de paciente o sistemas de monitoreo. Cuenta con señales de alarmas visibles y/o audibles cuando condiciones adversas son registradas. Generalmente se encuentra localizada en las unidades de cuidados intensivos o en salas de cuidados coronarios, donde el personal puede monitorizar varios pacientes de manera simultánea. [8]

Por lo cual la principal función de las centrales de monitoreo es mostrar eventos, ondas fisiológicas y valores numéricos de aquellos parámetros observados y transmitidos por uno o varios monitores de signos vitales a una sola ubicación, también generar informes impresos y tiras graficas de registro y proporcionar las notificaciones de alarmas de otros dispositivos médicos que estén conectados en la red de la central. El equipo permite la revisión de información del paciente, eventos, alarmas, ondas fisiológicas y parámetros almacenados en su base de datos [9].

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

La conexión de los monitores de signos vitales con la central de monitoreo se realiza de manera directa a través de cableado vía Ethernet o algún cableado especial diseñado por el fabricante, en algunos casos, la transmisión de datos se realiza de manera inalámbrica a través de un sistema de telemetría. En el caso del sistema inalámbrico o de telemetría, la transmisión de datos a la central de monitorización se lleva a cabo por medio de ondas de radio con frecuencias definidas, lo que permite a los pacientes tener mayor movilidad [9].

Uno de los criterios para la clasificación de las centrales de monitoreo es el número de camas que pueden ser visualizadas en el monitor de la central. El número habitual de campos para la visualización de camas va de cuatro a dieciséis por monitor y en algunos casos, donde se requiere una central especializada o para un área de internación con mayor número de pacientes, la central puede llegar a visualizar hasta treinta y dos camas, pero generalmente se requiere de dos monitores. Cada fabricante posee una configuración general, la forma de visualizar los parámetros de cada cama y la interfaz entre usuario y equipo a través de teclados alfa numéricos con ratón tipo computadora, pantalla táctil o ambos, de igual forma la mayoría de las centrales tienen integrados al sistema un registrador o una impresora [10].

3.4.2 Principios de Operación

Las centrales de monitorización concentran una gran cantidad de información por lo cual se necesita de una interfaz para conectarse con los monitores de signos vitales. Éstas pueden recibir la información a través de dos tipos de sistemas:

- Sistema Alámbrico: Este método es el más efectivo para la transmisión de datos ya que el cableado permite que la señal sea más viable, permitiendo visualizar un mayor número de parámetros fisiológicos. En este caso, se tiene que los monitores de signos vitales son fijos, instalados en los cubículos o en la cabecera del paciente y en la mayoría de los casos, la transmisión de datos se lleva a cabo a través de un switch [9].
- Sistema Inalámbrico: Este sistema se efectúa por medio de ondas de radio frecuencia. Las señales fisiológicas son convertidas en ondas de radiofrecuencia, por lo que pueden tener pérdida de datos durante la transmisión o adquirir algún tipo de ruido generado por algún otro equipo médico, por estos motivos este método de monitorización es menos efectivo. Estos sistemas de telemetría

generalmente sólo transmiten la señal del electrocardiograma (ECG), pero en algunos casos, transmitir la saturación de oxígeno (SPO₂), puede ser una opción [9].

El funcionamiento de un sistema convencional de telemetría, es por medio de un transmisor/telemetría (generalmente alimentado por baterías recargables o de tipo AA), el cual se conecta por medio de cables con electrodos sobre la piel del paciente, así, el transmisor/telemetría modula la onda portadora en relación con la onda ECG del paciente, esta onda es captada por una o varias antenas localizadas en el área. La onda transmitida es demodulada por un receptor obteniendo los datos fisiológicos del paciente, estos datos son interpretados por la central de monitoreo desplegando la curva fisiológica y valores numéricos [9].

En cuanto a las frecuencias de operación de los equipos transmitiendo de forma inalámbrica, el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud para la *Guía Tecnológica #24: Centrales de Monitoreo de Signos Vitales, CENETEC, SALUD (2006)* nos dice lo siguiente:

“La frecuencia de la onda de transmisión de los sistemas de telemetría para uso médico se encuentra en los rangos de:

- *“Very-High-Frequency” o VHF (entre los 174 y los 214 MHz)*
- *“Ultrahigh-Frequency” o UHF (rango entre los 450 y los 470 MHz).
(p.1-2)”*

3.4.3 Clasificación de Acuerdo al Riesgo

En México y en el mundo, existen organizaciones dedicadas a establecer criterios que permitan identificar el nivel de riesgo a la salud del equipo médico, por lo que, de acuerdo al Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, existen ciertos criterios para la clasificación de las Centrales de Monitoreo (véase Tabla 2).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Tabla 2. Clasificación de riesgos (Guía Tecnológica NO.24 Centrales de Monitoreo de Signos Vitales; Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud)

Entidad	Riesgo	Razón
COFEPRIS*	Clase II	Para aquellos insumos conocidos en la práctica médica y que pueden tener variaciones en la materia con la que están elaborados o en su concentración y, generalmente, se introducen al organismo permaneciendo menos de 30 días.
GHTF**	B: Riesgo Bajo Moderado	Todos los dispositivos terapéuticos activos previstos para administrar o intercambiar energía.

* Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, Secretaría de Salud

** Global Harmonization Task Force

3.4.4 Fallas Comunes en las Centrales de Monitoreo

Las centrales de monitoreo, como cualquier otro dispositivo electrónico, tienden a presentar fallas en la parte de software o hardware.

Con base en la experiencia adquirida, las fallas generales son las que cualquier central de monitoreo puede presentar, como caso típico de fallas tenemos daño en la fuente de alimentación, el disco duro y en la aplicación especializada para la monitorización; estos pueden averiarse por varios factores, como son: sobrecarga eléctrica, falta de suministro de energía eléctrica y el uso inadecuado del equipo.

Dichas fallas pueden presentarse en cualquier central, sin embargo, cada una de ellas suelen presentarse con mayor frecuencia en algunas centrales, dependiendo del fabricante, por ejemplo, las centrales de General Electric modelo CIC son más propensas a fallar al corromperse la aplicación de monitorización, esto se debe a que la forma adecuada de apagar la central es totalmente desconocida por el usuario, por lo cual, el personal apaga el equipo desde el sistema operativo sin antes detener o cerrar la aplicación de monitoreo (Figura 21).

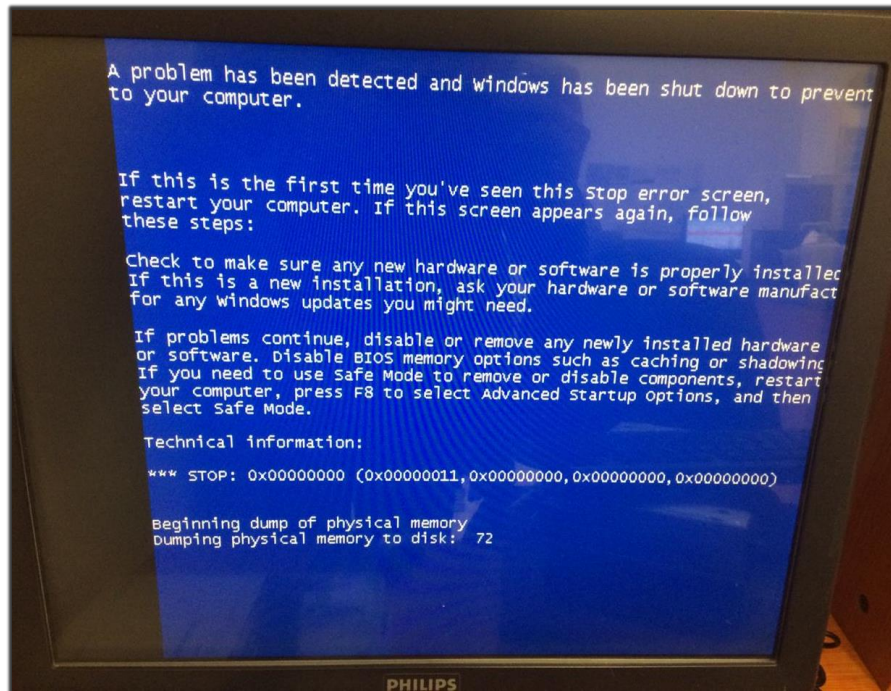


Figura 21. Falla de aplicación de monitorización de una central Philips M3150 (Fotografía tomada por el autor).

4. DATOS ANALIZADOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CENTRAL DE MONITOREO

4.1 Normatividad Mexicana de los Mantenimientos Preventivos y Correctivos

Con los datos adquiridos con anterioridad sobre las centrales de monitoreo y monitores de signos vitales se sabe que los equipos médicos (como cualquier equipo electrónico), tienen un tiempo de vida útil, este periodo varía y depende de que el equipo haya recibido los cuidados requeridos por el fabricante, esto incluye buen uso, mantenimiento preventivo periódico y mantenimiento correctivo oportuno. Un proceso importante son los mantenimientos Preventivos, que tal como su nombre lo indica, sirven para prevenir algún tipo de falla, caso contrario a los mantenimientos correctivos, los cuales se llevan a cabo cuando el equipo presenta una falla y se busca corregirla.

En México existen normas que regulan el funcionamiento de los hospitales, y dentro de estas, existen ciertas disposiciones para los equipos médicos, en donde nos indican los tipos de equipos que se deben instalar dependiendo del área, características específicas en algunos casos, la frecuencia con la que deben recibir mantenimiento, etcétera. En nuestro caso es indispensable conocer el tiempo específico para realizar los mantenimientos preventivos de los equipos médicos, por lo que la norma oficial mexicana NOM-016-SSA3-2012, establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada, la cual nos dice lo siguiente: *“El mantenimiento preventivo y correctivo del equipo médico, electromédico y de alta precisión, deberá llevarse a cabo de acuerdo con los estándares recomendados por el fabricante, su vida útil y las necesidades de la unidad hospitalaria, dichas acciones, deberán ser registradas en las bitácoras correspondientes.”* (Secretaría de Salud, NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012, Punto 5.1.13.1)

De acuerdo con lo anterior, la norma nos especifica que la frecuencia de los mantenimientos preventivos se debe de especificar por el mismo fabricante en el manual del equipo, y así lo especifica el manual de servicio de la nueva central de monitoreo marca General Electric (Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, Pág. 10-2), en donde se recomienda realizar los mantenimientos preventivos cada doce meses después de su instalación.

4.2 Motivo de Actualización del Equipo

Como se mencionó al inicio, los mantenimientos preventivos son un *“Proceso de planeación y ejecución de acciones específicas que se realizan de manera periódica para mantener en funcionamiento el equipo y evitar o disminuir la posibilidad de fallas que inhabiliten o comprometan dicho funcionamiento.”* [11]; estos son independientes de los mantenimientos correctivos, los cuales, a final de año son sumados, con el objetivo de determinar si algún equipo sobrepasa los límites de mantenimientos permitidos al año. Si es así, el equipo entra en fase de actualización y se procede al cambio por uno nuevo.

En la central de monitoreo del área de terapia intermedia, se estaban presentando mantenimientos correctivos en exceso y realizando un análisis previo se determinó que no resultaba ser de costo beneficio para la institución por lo que se resolvió que era necesaria la actualización del equipo debido a que presentaba las siguientes fallas:

- La instalación de la marca General Electric para la monitorización de los pacientes se corrompía, generando que la central se reiniciara.
- Daños en disco duro.
- Cambio de capacitores de la tarjeta principal, tarjetas RAM y microprocesador por falla física.

La actualización completa de una central con monitores representa un gasto de alto impacto al hospital, es por eso que fue de gran importancia realizar el análisis de costo-beneficio. El área de terapia intermedia del Instituto tienen un total de diez camas habilitadas para recibir pacientes, por lo que si se planeaba cambiar los monitores actuales por modelos más recientes, el costo de la actualización aumentaría, ya que se tendría que realizar el cambio de la central más los diez monitores de signos vitales, lo cual rebasaba el presupuesto máximo que el instituto tenía disponible. A su vez, el área está conectada con las camas de terapia intensiva y pediatría, dándonos un total de veintiocho monitores, por lo que se hace indispensable actualizar las demás áreas en un futuro.

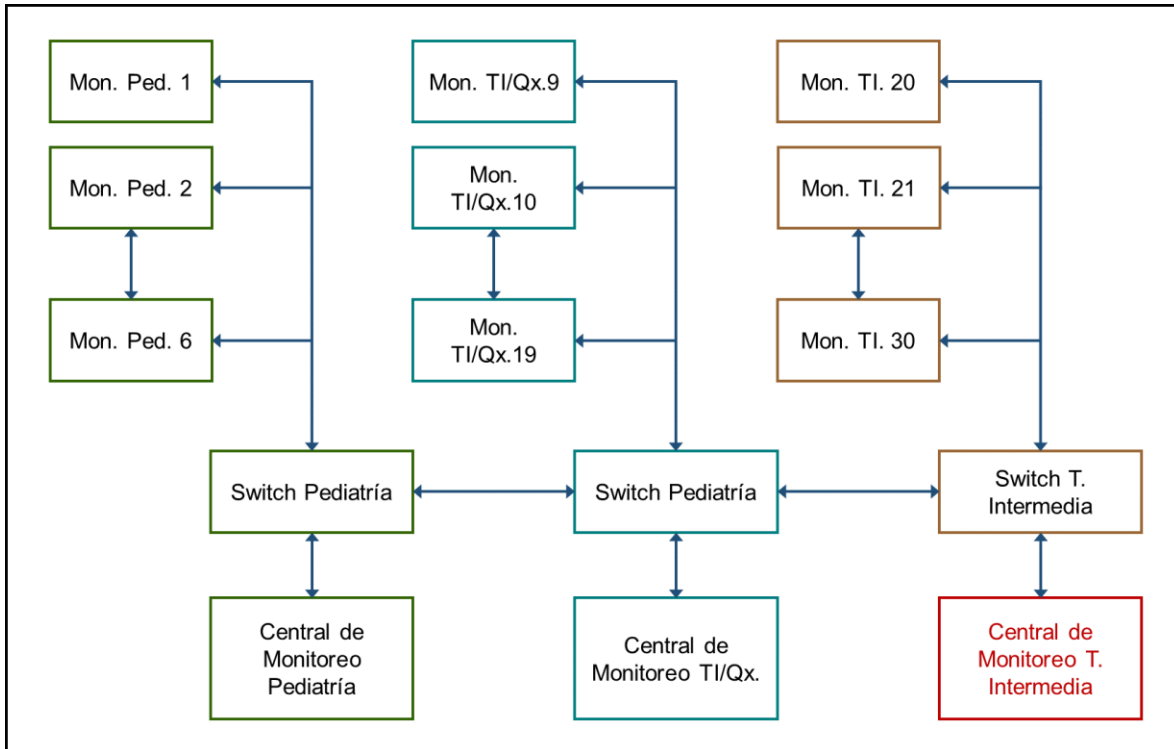


Figura 22. Diagrama de conexión de las centrales (Ped./TI./Qx. [Pediatria, Terapia Intensiva y Quirófano])

Teniendo en cuenta todos los equipos a actualizar, se concluyó que un punto que fijaría la dirección de la actualización sería “el presupuesto del instituto”, lo que consecuentemente limitó las posibilidades de seleccionar una central que fuera compatible con los monitores que se utilizan actualmente en el área.

4.3 Monitores de Signos Vitales en el Área

Como se observa en la figura 22 los monitores que se encuentran en el área de terapia intensiva, intermedia y pediátrica son del mismo modelo: Solar 8000M de marca General Electric y la mayoría de ellos cuentan con la versión de software V 3.D. Se unificó el uso de los monitores del mismo modelo en las tres áreas con el fin de no tener problemas de compatibilidad a la hora de visualizar los monitores de otras áreas en la central de enfermería. Ésta unificación, se realizó cuando General Electric instaló los monitores y las centrales para las tres áreas hace aproximadamente 15 años.

Conociendo las áreas y sus equipos el principal problema que se presentó en la actualización de la central, fue la compatibilidad entre ésta y los monitores de signos

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

vitales, ya que al no ser compatibles se afecta la comunicación entre ellos, provocando que no se puedan visualizar los trazos de los pacientes en la pantalla de la central. Dicho problema se presentaría para estos dos casos:

- Misma marca de central y monitores pero diferente modelo de monitores de signos vitales o central de monitoreo.
- Diferente marca entre la central y monitores.

Al ver que estos dos puntos se relacionaban directamente con la compatibilidad, decidí que la mejor opción era elegir una central de la misma marca que asegurara la comunicación entre ambos equipos, por lo que escogí como opción de actualización los últimos dos modelos lanzados por la compañía GE; con estos modelos se generó un cuadro sinóptico con los monitores compatibles, los cuales se desglosan de la siguiente forma (véase Figura 23).

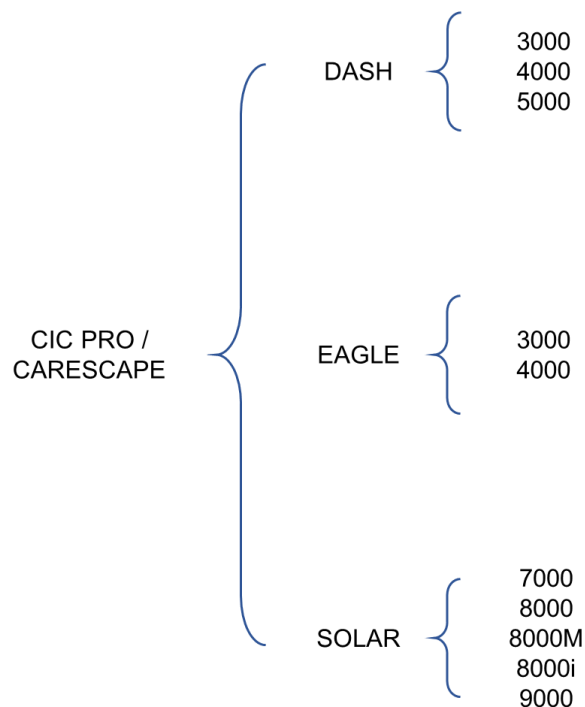


Figura 23. Cuadro sinóptico de compatibilidad de la central de monitoreo.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia



Figura 24. Monitor de signos vitales Solar 8000M.

Para realizar exitosamente la actualización, se analizó el hardware y software del modelo de los monitores de signos vitales en el área. En la parte de hardware (Figura 25), se muestra un monitor de signos vitales del área de terapia intermedia, el cual cuenta con: pantalla no táctil (flecha azul), teclado desmontable (flecha amarilla), TRAM RACK* (flecha verde) y un módulo multiparamétrico TRAM 451** (flecha naranja). A su vez en la figura 26 se analizó la ficha técnica para conocer qué tipo de configuración en hardware cuentan los monitores del área.



Figura 25. Monitor en el área de terapia.

* El TRAM RACK es el gabinete donde se colocara el módulo TRAM y se efectúa la comunicación del TRAM con el Monitor.

** El TRAM 451 es un módulo multiparamétrico que permite la obtención de los datos del paciente. Este módulo permite la recopilación del electrocardiograma de 3, 6 o 12 derivaciones, temperatura, presión arterial invasiva, presión arterial no invasiva, gasto cardíaco y oximetría.

Solar 8000M Patient Monitor

Performance Specifications

Solar 8000M Processing Unit Controls

Optional, detachable keypad with Trim Knob control and 18 active hard keys:	See Keypad for applications and specifications.
Optional remote control with Trim Knob control and 18 active hard keys:	See Remote Control for applications and specifications.
Optional touchscreen interface:	Requires touchscreen display and software.
Communications protocols:	
Tram-net	Proprietary CSMA/CD protocol at 921 Kbits/sec
Unity	Ethernet IEEE 802.3 10 BASE T LAN

Processing

Main processor:	Motorola MPC860P (PowerPC), 66 MHz, 32 bit
Graphics processor:	1 or 2 pair - Intel B69030 Graphics Accelerator with Silicon Image transmitter providing independent images on one or two VGA and DFP displays
Tram-net communication processor:	Within Motorola MPC860P (PowerPC), 66 MHz, 32 bit
LAN communication processor:	Within Motorola MPC860P (PowerPC), 66 MHz, 32 bit

Alarms

Classification:	
Patient Status Alarms — 4 levels:	Crisis, Warning, Advisory, and Message
System Status Alarms — 2 levels:	Warning and Advisory
Notification:	Audible and visual, dependent on alarm level
Display of alarm information:	All limits are viewable and printable
Continuous display of limits:	All parameters, one set of limits

Interfaces

Contact your local sales representative.

Environmental Specifications

Power requirements:	110 ±20 VAC, 50/60 Hz, single phase 230 ±40 VAC, 50/60 Hz, single phase
Power consumption:	100 Watts maximum
Low-voltage shutdown:	<90 VAC/<190 VAC

Figura 26. Performance Specifications Solar 8000M Monitor (Service Manual Solar 8000M Patient Monitor, software versión 3, pág 2-14, GE).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Tabla 3. Ficha de Especificaciones Técnicas Monitor solar 8000M, traducida por autor (Service Manual Solar 8000M Patient Monitor, software versión 3, pág 2-14, GE).

Monitor de Paciente Solar 8000M	
Especificaciones de Rendimiento	
Opcional, teclado desmontable con control de perilla de ajuste y 18 teclas duras activas	Ver aplicaciones y especificaciones del teclado
Opcional, control remoto con control de perilla de ajuste y 18 teclas duras activas	Ver aplicaciones y especificaciones de control remoto.
Opcional, interfaz de pantalla táctil	Requiere pantalla táctil y software.
Protocolos de comunicación	
Red-Tram	Protocolo patentado de CSMA/CD a 921Kbytes/seg.
Unidad	Protocolo patentado de CSMA/CD a 921Kbytes/seg.
Procesamiento	
Procesador principal	Motorola MPC860P (PowerPC), 66[MHz], 32 bit
Procesador principal	Motorola MPC860P (PowerPC), 66[MHz], 32 bit
Procesador gráfico	1 o 2 pares- Inter B69030 acelerador de gráficos Intel con transmisor de imagen de silicio que proporciona imágenes independientes, una o dos pantallas VGA y DFP.
Procesador de comunicación Red-Tram	Motorola MPC860P (PowerPC), 66[MHz], 32 bit
Procesador de comunicación LAN	Motorola MPC860P (PowerPC), 66[MHz], 32 bit
Alarmas	
Clasificación	
Alarma de estado del paciente - 4 niveles	Crisis, advertencia, aviso y mensaje.
Alarma de estado de sistema - 2 niveles	Advertencia y aviso.
Notificación	Audible y visual, depende del nivel de alarma.
Visualización de información de alarma	Todos los límites son visibles e imprimibles.
Visualización continua de límites	Todos los parámetros, un conjunto de límites.
Interfaces	
Contacte a su representante de ventas local.	
Especificaciones ambientales	
Requisitos de energía	110 ±20 VAC, 50/60[Hz], fase única. 230±40 VAC, 50/60 [Hz], fase única.
Consumo de energía	100 Watts máximo.
Apagado de baja tensión	<90 VAC/<190 VAC.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

En conclusión, para la parte del hardware, podemos decir que todos los equipos son casi idénticos, a excepción de que los monitores no cuentan con pantalla touch y el teclado es para pacientes adultos.

4.4 Versiones de Software y Compatibilidad en Red de los Monitores de Signos Vitales

Con los datos necesarios sobre el hardware, pase al apartado de software el cual definirá por completo la compatibilidad con las centrales. Tenemos que los monitores de signos vitales cuentan con dos versiones de software, la versión 3.D. y la versión 4.D. El software de los monitores puede ser unificado en una de las dos versiones por medio de una recarga o actualización, en la cual se necesitan los discos de instalación del fabricante, sin embargo, para la actualización de la central, no se tuvo la necesidad de unificar las versiones del software de cada uno de los monitores, ya que ambas versiones no generan conflicto entre ellas y funcionan a plenitud.

Para conocer la compatibilidad nos fijamos en el apartado de “dispositivos en red” del manual de servicio de los monitores de signos vitales, del cual se obtuvo información sobre la compatibilidad del equipo con diferentes dispositivos como: equipos periféricos, dispositivos de unidad de red (centrales de monitoreo) y sus versiones de software de cada uno de ellos, por lo que gracias a esto fue posible saber cuáles de las centrales eran candidatas para la actualización. A continuación se muestran las dos tablas de compatibilidad de red de ambas versiones de software (véase tabla 4 y tabla 5).

Tabla 4. Compatibilidad de dispositivos en red, Solar 8000M v3 (Service Manual Solar 8000M Patient Monitor, software versión 3, GE).

Unity Network Devices

The Solar 8000M patient monitor is compatible with the following Unity Network devices.

Product	Software
ADU/Pager LAN	3G, 3H
ApexPro	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5
CDT-LAN	5H, 6A, 6C, 6D
Centralscope: CS 12	10A, 10B, 10C, 10D
CIC	1.5, 2.2, 2.3, 2.4
Dash 2000	2A
Dash 3000	2B, 2C
Eagle 3000	3A, 3B, 4A
Eagle 4000	5B, 6A, 6B, 6C, 6D, 6F, 6G
HL7	3.0, 4.0
ICMMS/Service Web	3.0, 4.0

Unity Network Devices

The Solar 8000M patient monitor is compatible with the following Unity Network devices.

Product	Software
ADU/Pager LAN	3G, 3H
ApexPro	1.1 and later
CDT-LAN	5H, 6A, 6C, 6D
Centralscope: CS 12	10A, 10B, 10C, 10D
CIC	1.5, 2.2 and later
Dash 2000	2A
Dash 3000/4000	2B and later
Eagle 3000	3A, 3B, 4A
Eagle 4000	5B, 6A, 6B, 6C, 6D, 6F, 6G

Tabla 5. Compatibilidad de dispositivos en red, Solar 8000M v4 (Service Manual Solar 8000M, Revisión C; GE).

Como se puede observar, en ambas versiones los monitores son compatibles con la central de monitoreo CIC, un detalle en consideración fue que el manual del monitor con la versión 3.0 (Tabla 4) señala que sólo es compatible hasta la versión de software 2.4 de la central CIC. Para nuestro caso los monitores con versión de software 3 cuentan con la última actualización permitiendo la comunicación con las centrales más actuales.

4.5 Criterios Para la Elección de la Central de Monitoreo

Una vez que contamos con los datos técnicos necesarios en cuestión de hardware y software de los monitores de signos vitales y conociendo que estos están unificados para obtener una compatibilidad en red, se tomaron ciertos criterios con el objetivo de definir la marca y el modelo de la nueva central. El primero y muy importante, fue la compatibilidad de la central con los monitores, por lo que tomé la opción de asegurarla al elegir la misma marca de los monitores de signos vitales y el segundo, fue el presupuesto que el instituto ya tenía destinado.

4.6 Centrales de Monitoreo Candidatas Para la Actualización

Considerando los puntos anteriores, revisé la ficha técnica de cada una de las centrales candidatas con el fin de conocer datos generales, con el objetivo de conocer si éstas podían ser instaladas en el área o requerían de algún componente o requerimiento adicional. Al verificar que ninguna de ellas presentaba variante alguna, fue posible determinar tres opciones para la central de monitoreo (véanse las tablas 6, 7 y 8).

1. General Electric, CARESCAPE v1.

Processing unit specifications	
Item	Description
Main processor	Minimum 1.2 GHz dual-core processor.
Main memory	Minimum 2 GB DDR2 SDRAM.
Video and graphics	<ul style="list-style-type: none"> DVI-I digital and analog color video output resolution: 1280 x 1024, 60Hz (LCD); 1280 x 1024, 75Hz (CRT). DVI-D digital color video output: 1280 x 1024, 60 Hz (LCD).
Storage	<ul style="list-style-type: none"> Minimum of 8 GB flash drive (OS and application). Minimum of 80 GB hard drive.
Connection/interfaces	<ul style="list-style-type: none"> One DVI-I digital and analog color video output. One DVI-D digital color video output. Two network (Ethernet) connection/interfaces. One network (Ethernet) connection/interface reserved for potential future use. Six USB 2.0 connection/interfaces. Two RS-232 serial connection/interfaces. Amplified speaker output. Touchscreen – USB or RS-232 Serial.
Speaker output	<ul style="list-style-type: none"> GE-supplied external speakers required. Dual-redundant internal speakers provided.

Software platform	
Item	Description
Operating system	Microsoft Windows XP embedded with service pack 3.
Software loading	Via network interface or USB.

Processing unit power requirements	
Item	Description
Voltage	100 - 240 VAC (nominal)
Frequency	50 - 60 Hz (nominal)
Power	100 W (341 BTU/hr) (maximum)

Figura 27. Ficha de especificaciones técnicas central CARESCAPE (Technical Specifications Supplement, CARESCAPE CENTRAL STATION; GE).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Tabla 6. Especificaciones técnicas Central CARESCAPE v1, traducida por autor
(Technical Specifications Supplement, CARESCAPE CENTRAL STATION;
GE).

Especificaciones de la unidad de procesamiento

Artículo	Descripción
Procesador Principal	Procesador de doble núcleo mínimo 1.2 [GHz].
Memoria principal	SDRM DDR2 mínimo 2GB.
Video y Gráficos	<ul style="list-style-type: none">➤ Resolución de video DVI-I digital y análoga: 1280x1024, 60Hz (LCD); 1280x1024, 75Hz (CRT).➤ Salida de video digital DVI-D a color: 1280x1024. 60[Hz] (LCD).
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none">➤ Mínimo de 8 GB unidad flash (sistema operativo y aplicación).➤ Mínimo de 80 GB de disco duro.
Conexión/Interfaces	<ul style="list-style-type: none">➤ Una salida de video a color digital DVI-I y análoga.➤ Una salida de video a color digital DVI-D.➤ Dos conexiones/interfaces de red (Ethernet).➤ Una conexión/interface de red (Ethernet) reservada para un posible uso futuro.➤ Seis conexiones/interfaces USB 2.0.➤ Dos conexiones/interfaces serial RS-232.➤ Salida de altavoz amplificada.➤ Pantalla táctil – USB o serial RS-232.
Salida de Altavoces	<ul style="list-style-type: none">➤ Se requiere un altavoz externo provisto por GE.➤ Altavoz dual interno proporcionado.

Plataforma de software

Artículo	Descripción
Sistema Operativo	Microsoft Windows XP integrado con el service pack 3.
Carga de Software	A través de la interfaz de red USB.

Requisitos de potencia de la unidad de procesamiento

Artículo	Descripción
Voltaje	100-240 VAC (nominal)
Frecuencia	56-60 [Hz] (nominal)
Energía	100[W] (341 BTU/hr)(máxima)

2. General Electric, CIC APEX PRO v4

General

General Specifications		
	Nightshade Server	BCM Server
Storage	128 MB RAM (256 MB RAM with ApexPro); 1.44 MB 3.5-inch floppy disk drive, CD-ROM drive, 9.1 GB hard drive (additional 18 GB drive with Full Disclosure)	128 MB RAM (256 MB RAM with ApexPro); 1.44 MB 3.5-inch floppy disk drive, CD-ROM drive, 36.0 GB hard drive (with or without Full Disclosure)
Software Updates	1.44 MB 3.5-inch floppy disk drive, CD-ROM drive	
Serial Outputs	External asynchronous RS-232 serial ports (two)	
Parallel Output	IEEE 1284 Standard	
Video Output	High resolution video board, 1280 x 1024 @ 75 Hz	High resolution video board, 1280 x 1024 @ 85 Hz
Audio Output	GE Medical Systems Information Technologies supplied speakers required	

Environmental Specifications (PC)

Environmental Specifications		
	Nightshade	BCM
Power Requirements	Autoranging for either: 100-120 VAC or 200-240 VAC $\pm 10\%$, 50/60 ± 3 Hz 4.6 Amps @ 115 VAC, 2.3 Amps @ 220 VAC	Input Range: 90-264 VAC Auto Selecting Frequency: 47-63 Hz Input Current: 10.0 A @ 115 VAC 60 Hz; 5.0A @ 230VAC 50 Hz
Power Consumption	298 watts (max)	300 watts (max)
Low Voltage Shutdown	90 VAC	33 VAC
Cooling	Forced air	Forced air
Operating Temperature	+10°C to +35°C with minimum rate of change not to exceed 10°C/hour	+5°C to +50°C
Non-operating Storage Temperature	-40°C to 70°C (-40°F to 158°F)	-20°C to +65°C
Relative Humidity	95%, non-condensing at 30°C	10% to 90% (Non-condensing)

Figura 28. Especificaciones técnicas central CIC APEX PRO v4 (Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, software versión 4; GE).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Tabla 7. Especificaciones Técnicas Central CIC APEX PRO v4, traducida por autor (Service Manual CIC PRO Clinical Information Center software versión 4, GE).

General

Especificaciones Generales		
	Servidor de Sobrasa	Servidor BCM
Almacenamiento	128 MB RAM (256 MB RAM con ApexPro); 1.44 MB disquete de 3.5, CD-ROM, 9.1 GB de disco duro (adicional 18 GB de full disclosure).	128 MB RAM (256 MB RAM con ApexPro); 1.44 MB disquete de 3.5, CD-ROM, 36.0 GB de disco duro (con o sin full disclosure).
Actualizaciones de Software	Unidad de disquete de 3.5 1.44 MB, CD-ROM Drive.	
Salidas Serie	2 puertos seriales RS-232 externos asíncronos.	
Salidas Paralelo	IEEE 1284 Estándar.	
Salidas de Video	Tarjeta de video de alta resolución, 1280x1024 a 75[Hz].	Tarjeta de video de alta resolución, 1280x1024 a [85]Hz.
Salida de Audio	Se requieren bocinas suministradas por GE Medical Systems Information Technologies.	

Especificaciones ambientales (PC)

	Nightshade	BCM
Requerimientos de Energía	Auto rango para cualquiera. 100-120 VAC or 200-240 VAC $\pm 10\%$, 50/60 ± 3 [Hz] 4.6 Amps a 115 VAC, 2.3 Amps a 230VAC.	Rango de entrada: 90-264 VAC selección automática. Frecuencia: 47-63 [Hz] Corriente de entrada: 10.0 [A] a 115 VAC 60[Hz]; 5.0[A] a 230 VAC 50[Hz]
Consumo de Energía	298 watts (máximo)	300 watts (máximo)
Apagado de Baja Tensión	90 VAC	33 VAC
Enfriamiento	Aire forzado	Aire forzado
Temperatura de Funcionamiento	+10[°C] a + 53[°C] con un índice de cambio mínimo que no exceda 10°C/hr.	+5[°C] a +50[°C]
Temperatura de Almacenamiento No Operativa	-40[°C] a -70[°C] (-40[°F] a 158[°F])	-20[°C] a +65[°C]
Humedad Relativa	95%, sin condensación a 30[°C]	10% a 90% (sin condensación)

3. General Electric, CIC PRO v5.1

Computer specifications	
Item	Description
Main processor	Minimum 933 MHz Pentium III processor.
Main memory	Minimum 512 MB DDR SDRAM.
Video and graphics	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dual DVI-I video outputs; Convertible in pairs to analog DB15 VGA using interface adapter. ■ Output 1280 x 1024, 60Hz (LCD); 1280 x 1024 75Hz (CRT). ■ (1600 x 1200 capable for future applications).
Storage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Minimum of 1 GB compact flash (OS and application). ■ Minimum of 40 GB hard drive.
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dual DVI-I connections. ■ Dual Ethernet connections. ■ Four USB ports (USB keyboard and mouse). ■ Dual RS-232 serial ports. ■ Amplified Speaker output.
Audio output	<ul style="list-style-type: none"> ■ Manufacturer supplied external speakers required and provided. ■ Dual-redundant internal speakers provided.
Cooling	Redundant, computer controlled fans; forced air cooling at 28 CFM.
Mounting	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vertical: Two orientations (with optional stand). ■ Horizontal desktop: One orientation. ■ Wall mount capable.

Software platform	
Item	Description
Operating system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Microsoft Windows XP embedded. ■ OS runs from compact flash.
Software loading	Via network interface.

2026419-002F CIC Pro™ Clinical Information Center A-5

Technical Specifications: Power requirements

Power specifications	
Item	Description
Voltage	Auto-ranging for 100-120 VAC or 200-240 VAC ±10%.
Current	1.0 A (max) at 115 VAC, 0.5 A (max) at 220V.
Frequency	50/60 Hz ±3 Hz.
Power	100 W (max), 50 W (typical).

Figura 29. Especificaciones técnicas central CIC PRO v5.1 (Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, Software Version 5.1 Bedrock hardware platform; GE).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Tabla 8. Especificaciones Técnicas Central CIC PRO v5, traducida por autor
(Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, Software Version 5.1
Bedrock hardware platform; GE).

Especificaciones de la Computadora

Artículo	Descripción
Procesador Principal	Procesador Pentium III a 933[MHz].
Memoria Principal	SDRAM DDR a 512MB
Video y Gráficos	<ul style="list-style-type: none">• Salida de video DVI-I, convertible en pares a analógico DB15 VGA usando adaptador de interfaz.• Salida 1280x1024, 60[Hz] (LCD); 1280x1024, 75[Hz] (CRT).• Cable para futura aplicación 1600x1200.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none">• Mínimo de 1GB de compact flash (SO y aplicación).• Mínimo de 40GB de disco duro.
Interfaces	<ul style="list-style-type: none">• Conexiones DVI-I duales.• Conexiones Ethernet duales.• Cuatro puertos USB (teclado y ratón USB)• Dos puertos seriales RS-232.• Salida de altavoz amplificada.
Salida de Audio	<ul style="list-style-type: none">• Se requieren altavoces externos provistos.• Doble altavoz interno redundante proporcionado.
Enfriamiento	Ventiladores redundantes controlados por computadora; enfriamiento de aire forzado a 28 CFM
Montaje	<ul style="list-style-type: none">• Vertical, dos orientaciones (con soporte opcional)• Horizontal, escritorio; una orientación.• Montaje de pared.

Plataforma de Software

Artículo	Descripción
Sistema Operativo	<ul style="list-style-type: none">• Microsoft Windows XP habilitado.• SO se ejecuta desde la compact flash.
Carga de Software	Mediante la interfaz de red.

Requerimientos de Energía

Artículo	Descripción
Voltaje	Auto rango de 100-120 VAC o 200-240 VAC $\pm 10\%$.
Corriente	1.0 [A] (máximo) a 115 VAC, 0.5 [A] a 220[V].
Frecuencia	50-60[Hz] ± 3 [Hz].
Energía	100[W] (máximo), 50[W] (típico)

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

De acuerdo a sus fichas técnicas, podemos observar que las tres centrales cumplen con el primer criterio que es la compatibilidad, por lo que para definir cuál de ellas sería la elegida, se tomó en cuenta el segundo criterio: el del presupuesto y para tomar una decisión, se realizó una tabla, en la cual se tomó en cuenta el valor monetario aproximado de cada una de las centrales (véase tabla 9).

Tabla 9. Valores aproximados de las centrales (Precios en moneda nacional).

Modelo de la central	Valor
CARESCAPE v1	\$280,000.00
CIC PRO v5.1	\$160,000.00
CIC APEX PRO v4	\$150,000.00

El precio varía de mayor a menor debido a que la central CARESCAPE es una de las últimas centrales de monitoreo lanzadas al mercado y la central CIC APEX PRO v4 como la menos reciente. Se consideró que las 3 centrales tienen las mismas funciones que se requieren en el área.

Analizando los valores, la central CARESCAPE no se tomó como opción de actualización debido a que el valor salía del presupuesto estimado, esto dejó a ambas centrales CIC como opción para actualización. Ambas centrales están dentro del rango, por lo cual cualquiera de estas sería adecuada para la actualización, sin embargo, bajo un análisis a futuro de una posible actualización de los monitores de signos vitales, escogí la central CIC PRO v5.1 debido a que tiene un software más actualizado y tiene una mayor posibilidad de tener compatibilidad con los nuevos monitores de signos vitales que desarrolle la empresa.

4.7 Elección de UPS y Pruebas de Soporte de Energía

Todos los equipos electrónicos pueden ser dañados por sobrecargas eléctricas o de manera contraria, pueden funcionar de manera inapropiada por un suministro de energía deficiente, ambos casos pueden afectar a la central, por lo cual se necesitó incorporar un UPS a la actualización de la central. Este equipo lleva acabo la rectificación de la energía que será suministrada a los equipos que se conecten a él y a la vez, cuenta con una batería de soporte en caso de que se tenga una interrupción de la energía por parte del inmueble. Teniendo el equipo que vamos a instalar se procedió a escoger el UPS

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

adecuado; este dispositivo es de gran importancia para asegurar un buen funcionamiento y evitar posibles daños en la central.

Cuando se escoge un UPS para dar respaldo de energía a algún equipo se tienen dos consideraciones; la primera, es saber que el UPS podrá respaldar los equipos que estén conectados a él, es decir, que éste sea de la misma potencia o el doble que la de los equipos a conectar, con el fin de dar unos segundos a que el generador de respaldo suministre la energía; la segunda, es la selección de clavija, debido a que en diferentes regiones del mundo ésta cambia.

Por lo tanto, requerimos conocer el consumo de la central y del monitor que serán conectados al UPS, por lo que el con un consumo típico de la central CIC PRO v5.1 marcado en el manual de 50[W] y máximo de 100[W]. A su vez el manual de la central nos recomienda un UPS con éstas características: 600VA a 120 Volts o 2000VA a 120 volts [pag. 9-6 Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, Software Version 5.1 Bedrock hardware platform; GE].

Teniendo demasiadas opciones en el mercado se colocó un UPS marca TRIPP.LITE modelo VS800AVR con 800VA/400[W] y con una autonomía de respaldo típica de hasta treinta minutos, este tiempo lo dicta el fabricante en la caja del producto (véase Figura 30 y Figura 31).



Figura 30. Caja del UPS, marca el fabricante, tiempo aproximado de respaldo (Fotografía tomada por el autor).

Especificaciones	
Modelo:	VS800AVR
Salida (Volts Amps/Watts):	800 VA/400 W
Salida (Voltaje):	120 VCA
Rango de Corrección de AVR:	76 a 147 VCA
Compatibilidad de Frecuencia:	50/60 Hz (Selección automática)
Tomacorrientes (NEMA 5-15R):	6 (3 con respaldo por batería)
Autonomía de Respaldo Típica:	Hasta 30 minutos*
Dimensiones (Al x An x Pr):	14 x 10 x 28 cm (5.5 x 4 x 11 pulgadas)

* Autonomía de respaldo típica estimada para PC básica y monitor LCD de 15 pulg. (38 cm). La autonomía varía con la carga, condición de la batería y otros factores. Tripp Lite tiene una política de mejora continua. Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Las fotografías pueden diferir de los productos reales.

Figura 31. Tabla de especificaciones colocadas en la caja del UPS, el fabricante especifica el tiempo de respaldo como típico (Fotografía tomada por el autor).



Figura 32. UPS marca TRIPP.LITE modelo VS800AVR utilizado para el respaldo de energía de la central (Fotografía tomada por el autor).

Especificaciones

SALIDA	
Capacidad de Salida en Volts Amperes (VA)	800
Capacidad de Salida (Watts)	400
Voltaje(s) Nominal(es) de Salida Soportado(s)	120V
Compatibilidad de Frecuencia	50 / 60 Hz
Tomacorrientes	(6) 5-15R
Receptáculos de salida del UPS (solo supresión de sobretensiones)	3 tomacorrientes UPS, 3 tomacorrientes solo anti-sobretensión
Forma de Onda de CA de Salida (Modo de CA)	Onda sinusoidal
Forma de onda de CA de salida (Modo en Batería)	Onda sinusoidal PWM
ENTRADA	
Corriente especificada de entrada (Carga Máxima)	6.3A
Voltaje(s) Nominal(es) de Entrada Soportado(s)	120V CA

Tipo de conexión de entrada del UPS	5-15P
Longitud del cable de alimentación del UPS (pies)	4
Longitud del Cable de Alimentación del UPS (m)	1.2
Servicio Eléctrico Recomendado	15A 120V
Fase de Entrada	Monofásico
BATERÍA	
Autonomía a Media Carga (min.)	7.3 min. (200w)
Voltaje CD del sistema (VCD)	12
Autonomía Ampliable	No
REGULACIÓN DE VOLTAJE	
Descripción de la regulación de voltaje	La regulación Automática de Voltaje (AVR) mantiene la operación con corriente de la línea con un rango de voltajes de entrada entre 76 a 147V
Corrección de Sobrevoltaje	Los voltajes de entrada de entre 133V y 147V se reducen en un 14%
Corrección de Bajo Voltaje	Los voltajes de entrada entre 90V y 108V se elevan en un 20%
Corrección de bajo voltaje severo	Los voltajes de entrada entre 76V y 89V se elevan en un 39%

Figura 33. Ficha técnica de UPS (UPS de escritorio serie VS interactivo en línea de 120 [V] 800 [VA] 400[W], torre, 6 tomacorrientes, NÚMERO DE MODELO: VS800AVR; TRIPP LITE).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Con los datos tomados de la ficha técnica del UPS, tenemos que este equipo tiene más potencia que el UPS recomendado por el manual de servicio [pag. 9-6 Service Manual CIC PRO Clinical Information Center, Software Version 5.1 Bedrock hardware platform; GE]. Aún con estos datos teóricos especificando un rango considerable de tiempo en el soporte de energía, se requirió realizar un cálculo de tiempo teórico y una prueba física para determinar el tiempo de soporte real.

Para calcular el tiempo de manera teórica, definí que los equipos críticos que deben de estar conectados al UPS son la central CIC y el monitor Samsung, debido a que estos son los equipos necesarios para la monitorización. En su caso los monitores de signos vitales cuentan con baterías internas para su funcionamiento y el switch cuenta con su propio UPS debido a que se encuentra instalado en otra parte del piso, lejos del área donde se instalaría la central de monitoreo; por lo que si se llega a tener una interrupción de la energía todos los equipos para la monitorización del paciente contarían con un soporte adecuado de energía.

En este caso se requirió conocer cuáles son los watts que consume el monitor Samsung y la central para así poder realizar el cálculo matemático de consumo.

El cálculo de los watts para cada uno de ellos son los siguientes:

Para la central:

Conociendo que el consumo típico es de 50[W] y máximo de 100[W], utilicé el valor máximo para calcular el tiempo de respaldo de nuestro UPS; se tomó este valor debido a que si la central trabaja con este consumo el tiempo de respaldo se reduciría, por lo cual este valor sería el tiempo mínimo de respaldo que el UPS proporcionaría.

$$W_{central} = 100[W]$$

En el caso del monitor Samsung, sólo se menciona que su consumo es de 19.2 [W].

Sumamos los consumos de ambos equipos para obtener cuál es la carga máxima que va a alimentar el UPS.

$$W_T = W_{central} + W_{monitor}$$

$$W_T = 100 + 19.2 = 119.2[W]$$

La carga total que tiene que alimentar el UPS es de 119.2 [W] y sabemos que el UPS tiene una autonomía a media carga de 7.3 min a 200[W], por lo que para calcular el tiempo de respaldo realicé una regla de tres inversa.

$$(200[W])(7.3[min]) = (119.2[W])(X)$$

$$X = \frac{200(7.3)}{119.2} = 12.24[min]$$

Para una carga media se obtuvo un tiempo de 12.24 [min] de respaldo a la central y monitor, este tiempo se multiplicar por 2 ya que en el UPS tiene el doble de capacidad.

$$T = 2(12.24) = 24.48[min]$$

Este es el tiempo teórico que el UPS puede respaldar a la central y al monitor en caso de que se presente una interrupción de energía eléctrica. Considerando que la energía demandada por la central y el monitor puede variar, esto hace que nuestro tiempo de respaldo aumente o disminuya.

Para mejorar la información sobre nuestro tiempo de respaldo realicé la prueba de manera física con un UPS del mismo modelo. Para esta prueba utilicé una central de monitoreo Philips modelo HP rp5700 y un monitor DELL modelo 1708FPb (Figura 34); no utilice la central de monitoreo elegida debido a que no disponía de ella en ese momento, pero los consumos de energía son similares entre la central Philips y la GE.

Esta prueba constó en conectar ambos equipos al UPS y posteriormente quitar el suministro de energía al UPS. Como se puede observar en la Figura 34, el UPS tiene el led amarillo encendido indicando que está trabajando con las baterías.



Figura 34. Prueba de respaldo de energía del UPS (Fotografía tomada por el autor).

Para realizar la prueba, tomé como referencia el tiempo de la central Philips. La prueba empezó a las 12:05 pm (Figura 35) y finalizó con la energía de las baterías a las 12:58 pm (Figura 36).

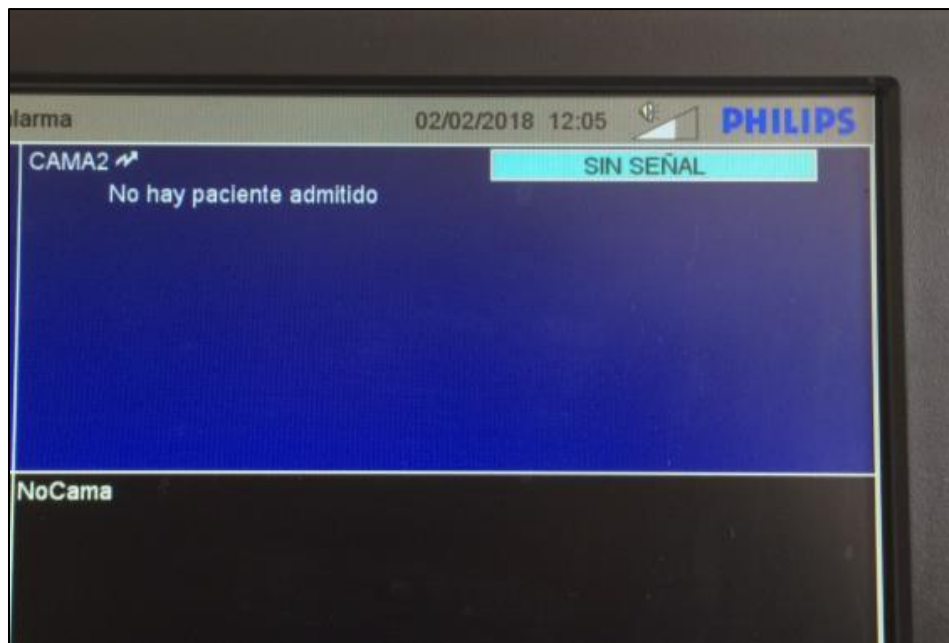


Figura 35. Tiempo inicial de la prueba de respaldo de energía (Fotografía tomada por el autor).

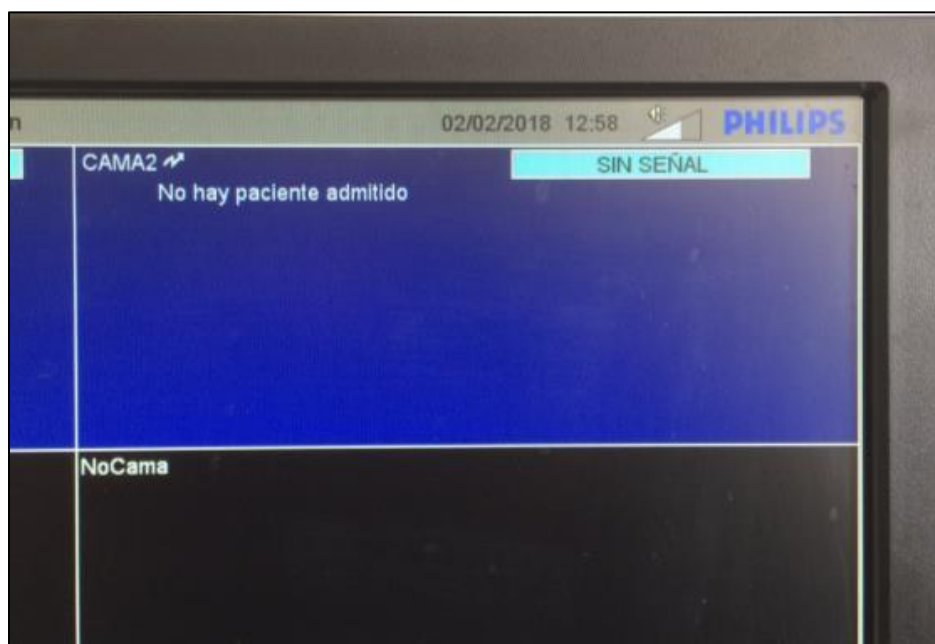


Figura 36. Tiempo final de la prueba de respaldo de energía (Fotografía tomada por el autor).

El resultado final de la prueba, nos reveló que el tiempo aproximado que puede dar soporte el UPS a la central de monitoreo CIC PRO y al monitor es de aproximadamente

51 min. Este tiempo se modificará debido a que la central Philips y el monitor DELL con los que se realizó la prueba de soporte, tienen diferentes consumos de energía.

4.8 Norma Mexicana Acerca del Soporte de Energía en el Área Hospitalaria

En todos los hospitales es indispensable cumplir con las normas oficiales para la regulación de las instalaciones eléctricas, en donde se menciona el tiempo requerido para el soporte de energía que deben de suministrar los equipos de respaldo en ciertas áreas del hospital. La norma que regula eso es la *NOM_001_SEDE_2012, norma mexicana que regula las Instalaciones Eléctricas*, Ésta nos dice lo siguiente: “*Las baterías de acumuladores que se utilicen como una fuente de alimentación para sistemas de emergencia deben ser de un régimen y capacidad adecuados para alimentar y mantener la carga total durante 1½ horas como mínimo*” (Secretaría de Energía, *Norma oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas*, Punto 700-12 inciso a).

Esta norma está enfocada principalmente al respaldo de energía del sistema de iluminación que, como tal, no menciona exactamente a los equipos electromédicos, sin embargo, se tomó como dato para dar una idea del tiempo aproximado de respaldo que deben de tener los equipos.

Aunque el UPS que seleccioné para el área de terapia, no cumple con el tiempo que dicta la norma mexicana, este equipo es útil debido a que el Instituto cuenta con una planta de emergencia, la cual en caso de que se presente un problema con el suministro de energía, ésta entra en operación en menos de 20 segundos.

5. PARTICIPACIÓN PROFESIONAL Y RESULTADOS

5.1 Instalación y Configuración de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Una vez concluido el proceso de investigación en materia de centrales y monitores de signos vitales, de su compatibilidad entre ellos y de la selección de la mejor opción para la actualización por medio del cálculo teórico y prueba física, se procedió a la instalación correspondiente.

Dicha instalación se realizó en el área de terapia intermedia, conectado el UPS en la parte inferior de la mesa de trabajo y la central, el monitor, mouse, teclado y registrador en la parte superior; una vez conectados todos los equipos, se realizó la configuración de la central.

En la configuración de la central se tienen dos modos de servicio, el primero se conoce como “administrador” en el cual se pueden realizar test del equipo, instalación de programas, cambio de IP, en general, se puede tener el control total sobre la central. El segundo se conoce como “usuario” en el cual, sólo se puede modificar la aplicación de monitorización de la central, por ejemplo, volumen de alarma, dirección de impresión, unidad y nombre de la central.

A continuación se describirá la configuración que se realizó en la central de monitoreo instalada en el área de terapia intermedia.

➤ Servicio en Modo Administrador

Para iniciar con la configuración e ingresar al modo “Administrador”, es necesario cerrar la aplicación de la monitorización, la cual, al cerrarse, nos muestra un sistema operativo parecido al de una computadora. Para acceder, es a través del símbolo de GE en el escritorio y que una vez seleccionado el administrador de GE Healthcare, debe ingresarse el usuario y contraseña correspondientes. Tal como lo muestra la Figura 37, observamos el panel principal del administrador y las opciones a configurar en la parte izquierda.

Inicié seleccionando el apartado “Language” (Lenguaje), indicado con la flecha amarilla en la Figura 37 para cambiar el idioma de la aplicación.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

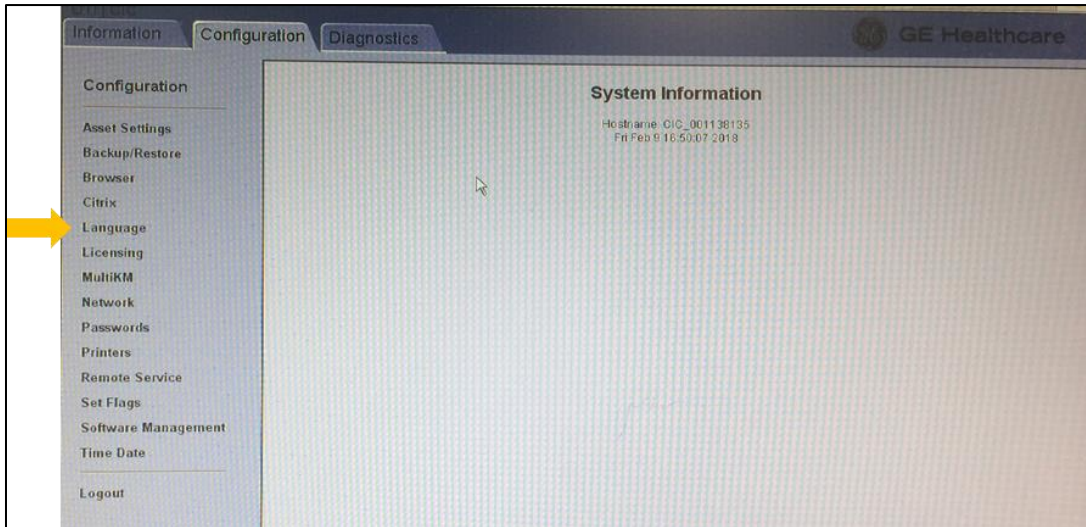


Figura 37. Servicio Modo Administrador GE Healthcare, sección configuración.

En esta pestaña seleccioné el idioma “Spanish” (español), indicado con la flecha naranja en la Figura 38, para posteriormente pasar al apartado de “Time Date” indicado con la flecha verde en la Figura 38 para fijar la fecha y la hora correspondiente.

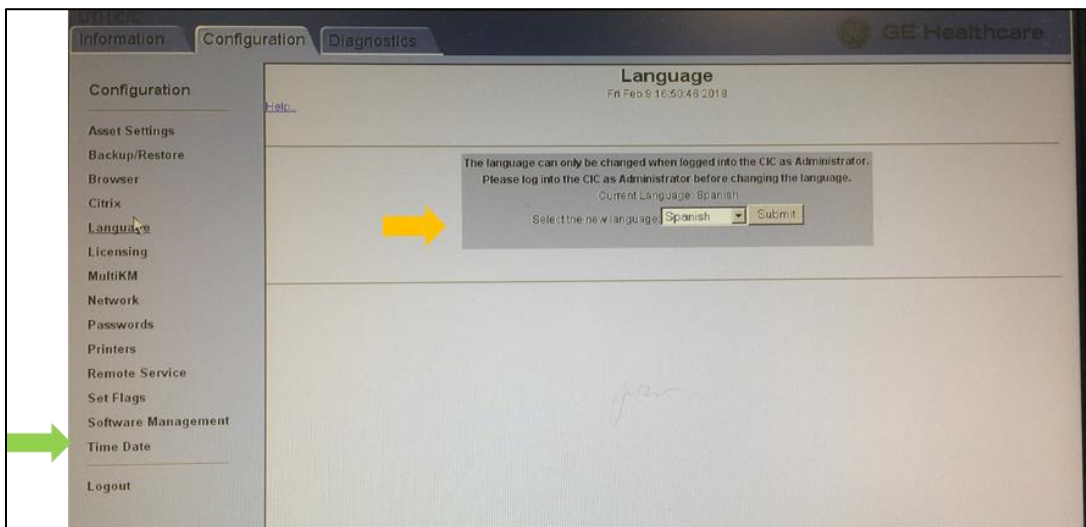


Figura 38. Servicio Modo Administrador GE Healthcare, sección idioma.

En este apartado nos muestra una pantalla, en la cual procedí a configurar la fecha y hora correspondientes, tal como se observa en la Figura 39.

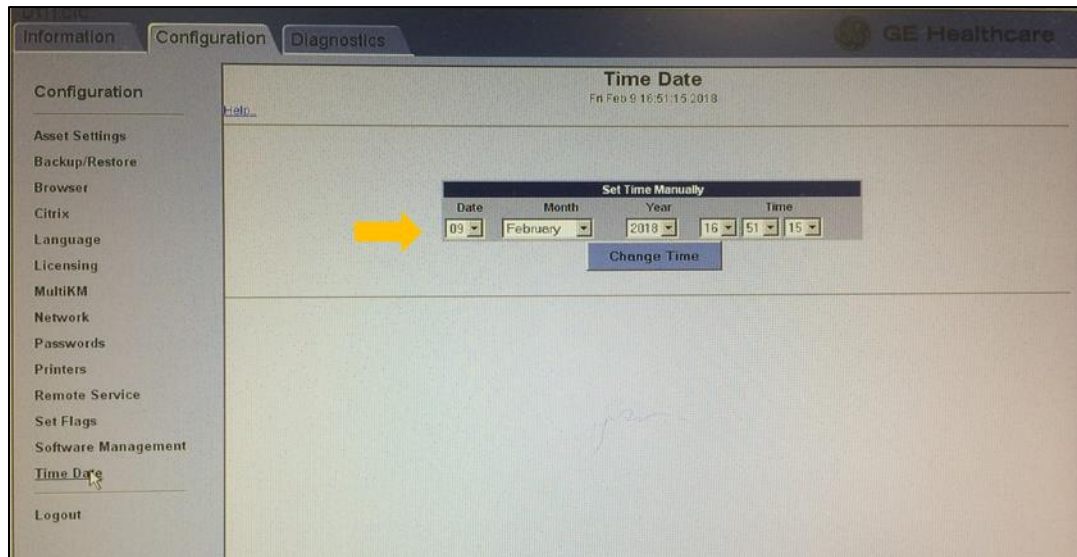


Figura 39. Servicio Modo Administrador GE Healthcare, sección fecha y hora.

Las dos opciones mencionadas anteriormente, son las únicas que modifiqué en modo administrador, no activé ni desactivé licencias, ya que éstas sólo pueden ser modificadas por GE a través de una USB y códigos únicos, de igual forma, no modifiqué la IP debido a que la central CIC viene con una IP configurada para la comunicación con monitores y finalmente, no fue necesario instalar una impresora láser, ya que la central cuenta con un registrador.

➤ Servicio en Modo Usuario

La aplicación de monitorización se ejecuta automáticamente al iniciar el equipo, por lo que después de las configuraciones en modo administrador se reinició el equipo para reingresar a la aplicación, esto debido a que para poder entrar a la configuración en modo usuario sólo se puede ingresar a través de la aplicación.

Para esto se selecciona en la parte superior derecha "Configurar CIC" (Figura 41).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intensiva

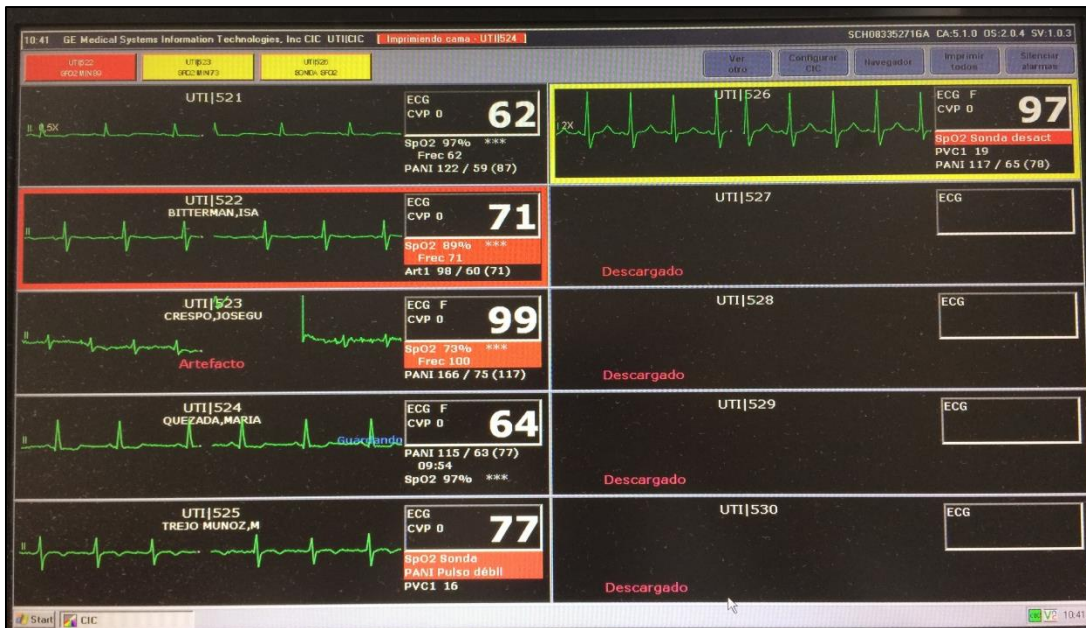


Figura 40. Pantalla Principal CIC PRO.



Figura 41. Opciones de la Pantalla Principal.

Al seleccionar la pestaña “Contraseña de Servicio” (Figura 42), pasamos a una pantalla en la que se muestra el nivel de permiso que se tiene en ese momento (Figura, 43 flecha verde), por lo que se ingresará la contraseña correspondiente para cambiar a modo servicio (Figura 43, flecha roja).

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

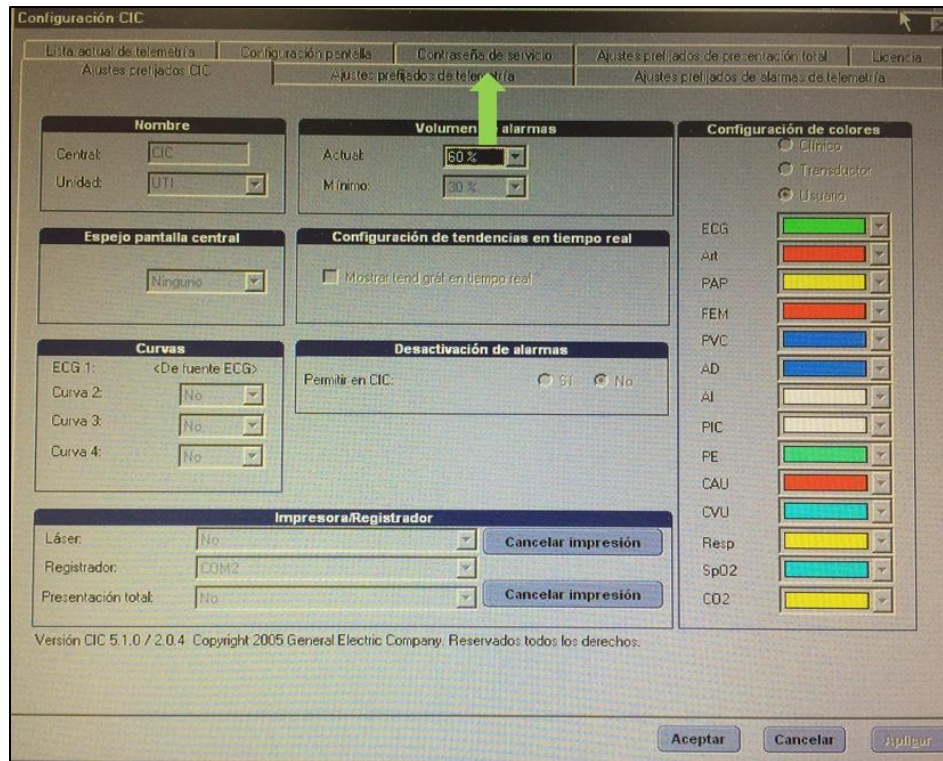


Figura 42. Pantalla de la pestaña "Ajustes Prefijados CIC".

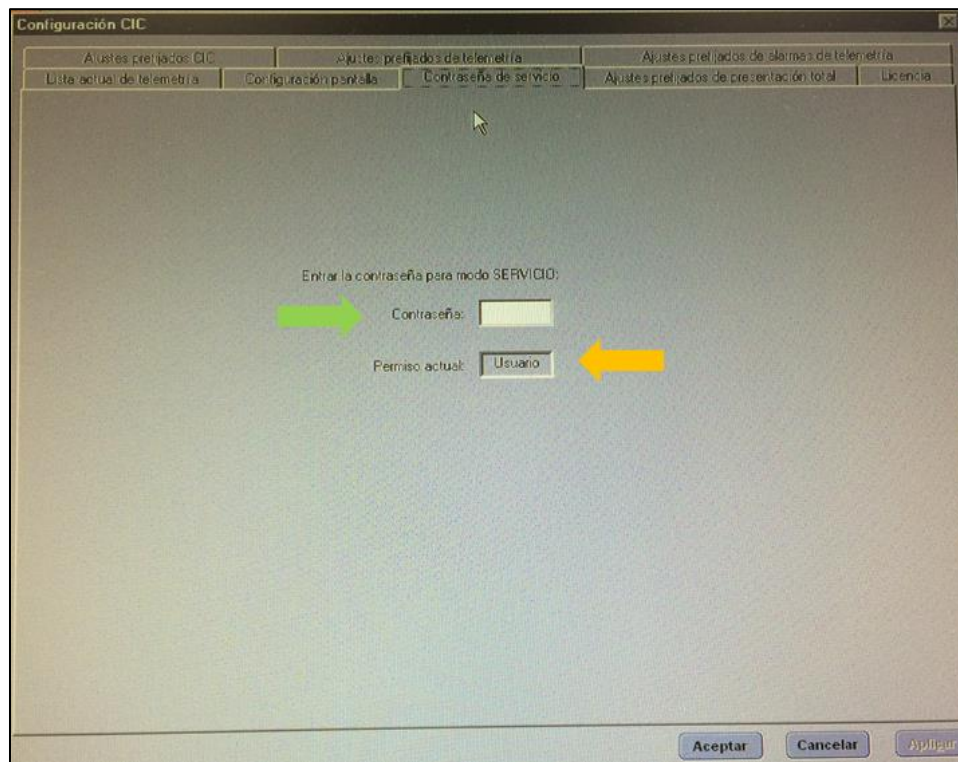


Figura 43. Pantalla de la pestaña "Contraseña de Servicio" con permiso en modo Usuario.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

Una vez que ingresé la contraseña, automáticamente el nombre del permiso actual cambió a “Servicio” (Figura 44, flecha verde). Después, es necesario regresar a la pestaña “Ajustes Prefijados de CIC” para la configuración posterior (Figura 44, flecha azul).

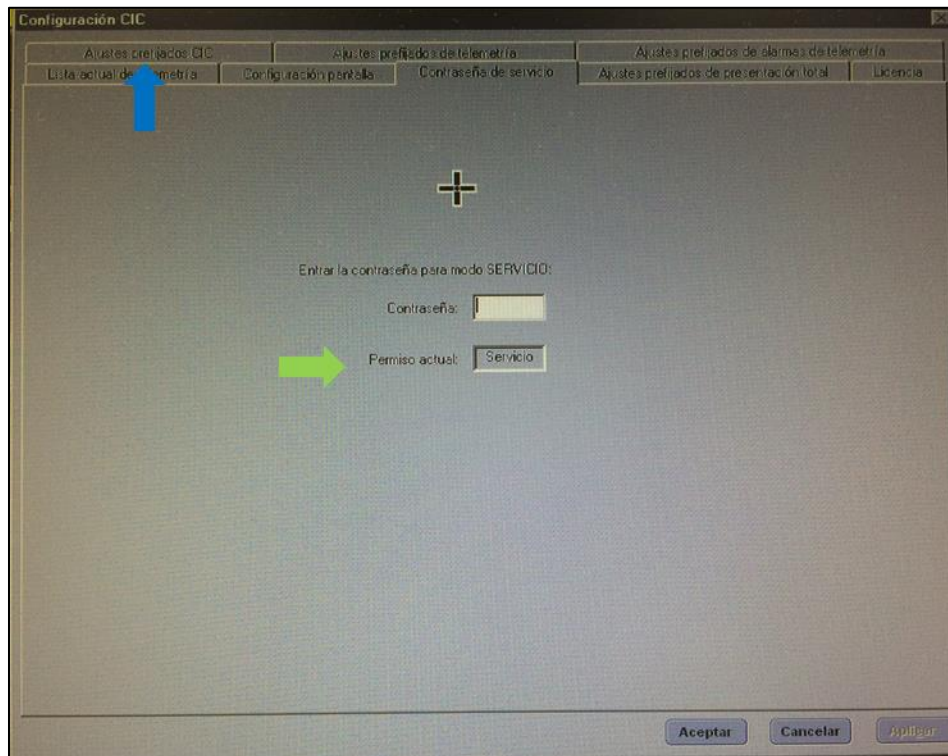


Figura 44. Pantalla de la pestaña “Contraseña de Servicio” con permiso en modo Servicio.

Al pasar al modo “Servicio” las opciones de la pantalla se desbloquean, lo que nos permite modificarlas. En esta pestaña configuré 3 opciones, las cuales están señaladas con las flechas de color rojo, azul y naranja (Figura 45).

- **Flecha verde.** Esta sección permite modificar el nombre de la central y sirve para identificar la central y si está conectada a una rama de monitorización con otras centrales. El nombre de la central es “**CIC**”.
- **Flecha azul.** Ésta sección nos muestra la unidad de monitores a los cuales estamos “anidados”. Sólo a los monitores que estén en la misma unidad se les podrá modificar los datos de paciente y configuración de alarmas desde la central, y los monitores que estén en otra unidad sólo se podrán visualizar en pantalla sin

la opción de modificar datos desde la central. La unidad que configuré para anidar fue la UTI (Unidad de Terapia Intermedia).

- **Flecha naranja.** No instalé impresora láser en esta central, por lo que en el apartado de “Láser” se tiene un “No”, mientras que en la opción de “Registrador” seleccioné el puerto “COM 2”, que es donde se encuentra conectado.

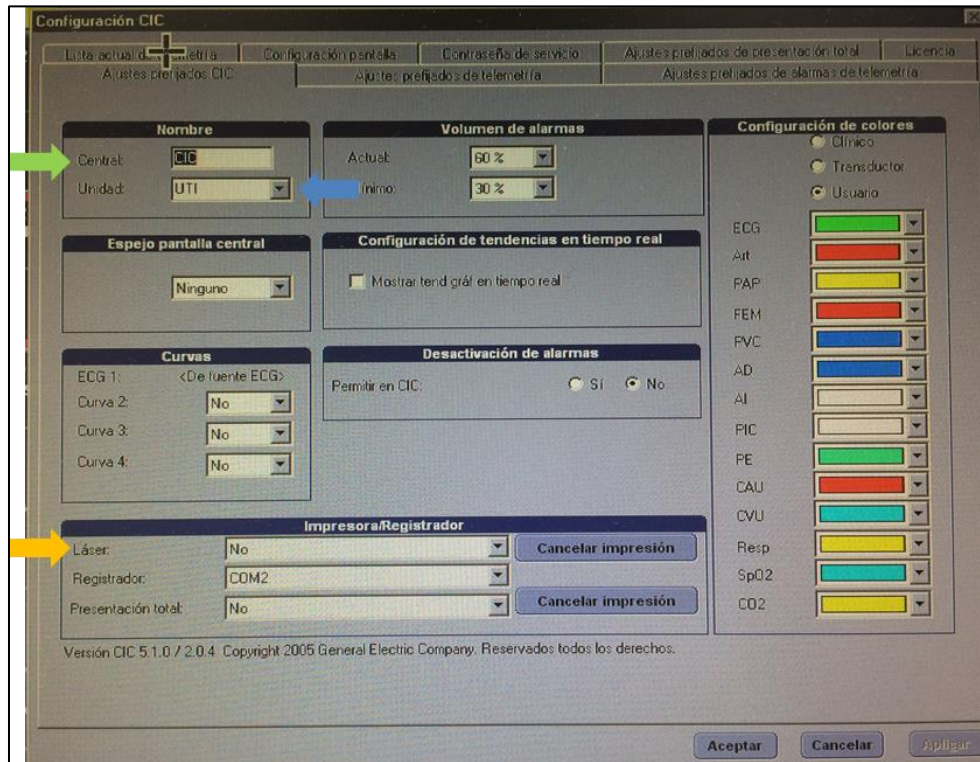


Figura 45. Pestaña Ajustes Prefijados CIC (Modo Servicio).

Después seleccioné la opción “Configuración de Pantalla” (Figura 46, flecha morada) y configuré la parte de columnas y filas (Figura 46, flechas roja y azul), seleccionando la opción “**2 columnas y 5 filas**”, ya que esta configuración permite la visualización de 10 sectores o monitores (Figura 46, flecha amarilla).

En la misma pestaña seleccioné la casilla de “Desactivar presentación auto” (Figura 46, flecha verde), ya que al seleccionarla ajusta automáticamente las filas y columnas en la pantalla, dejando solamente los sectores en los cuales los monitores se están comunicando.

Posteriormente pasé a la parte de Calibración de Pantalla y seleccioné el botón de “Iniciar Calibración” (Figura 46, flecha naranja).

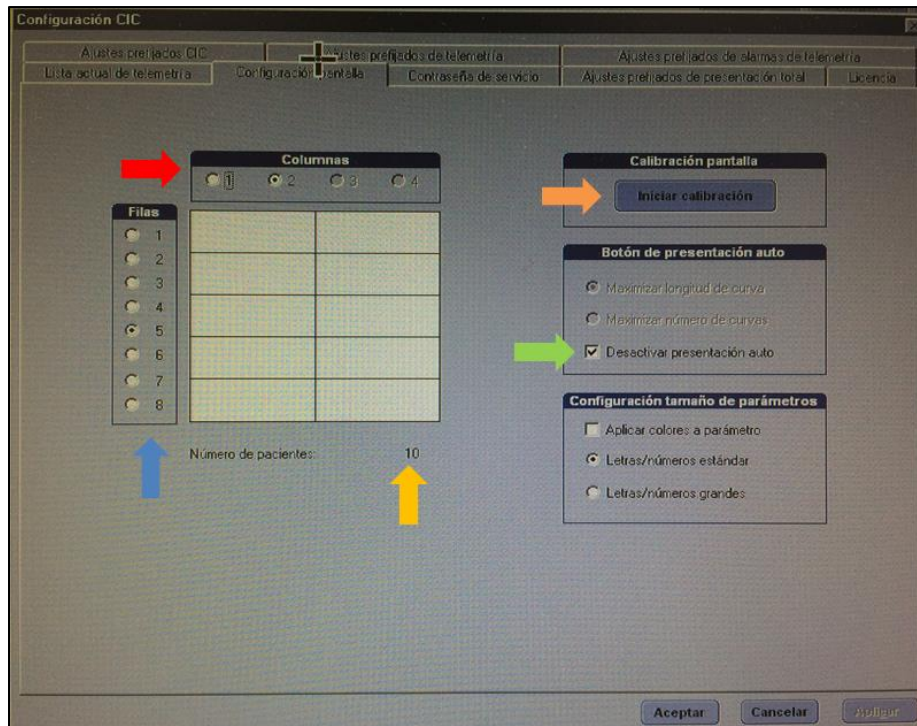


Figura 46. Pestaña configuración de pantalla.

En esta opción, calibré la pantalla para observar la onda del ECG del tamaño correspondiente y modifiqué la unidad de medida cambiándola a “centímetros” (Figura 47, flecha amarilla) y con ayuda de una regla en dicha escala y el cursor, ajusté la calibración haciendo que los centímetros de la regla en la pantalla coincidieran con la regla física, tanto para el eje “X” como para el eje “Y” (Figura 47, flechas rojas).

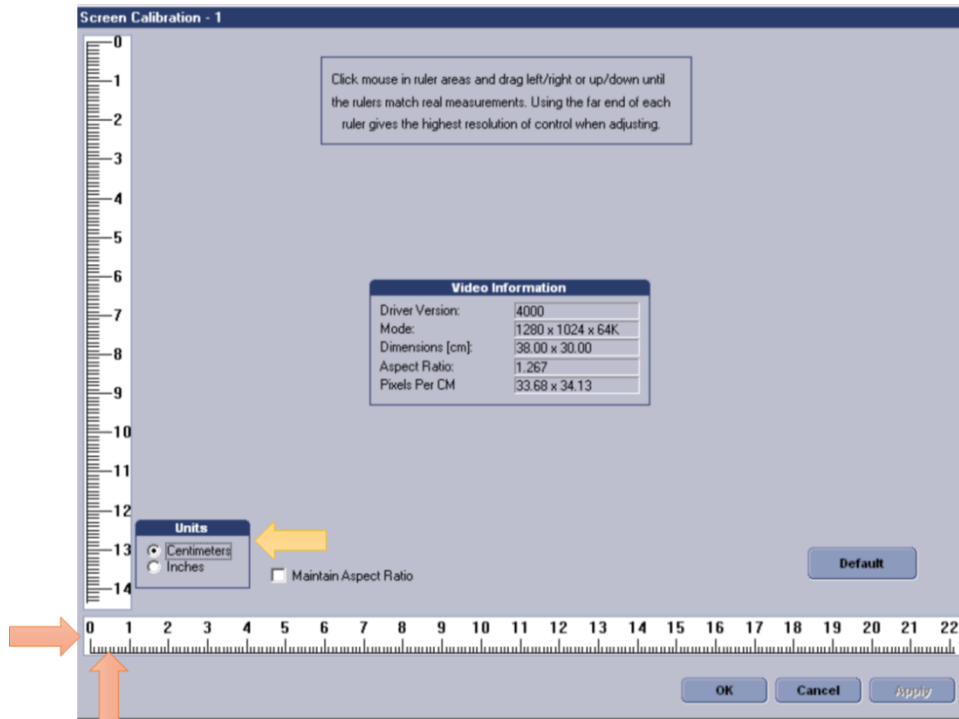


Figura 47. Calibración de pantalla.

Regresé a la pantalla principal para configurar cada uno de los sectores en los cuales puede ser dado de alta una cama o paciente para su visualización (Figura 48, flecha azul), se posiciona el cursor en el sector, se da click derecho y a continuación nos despliega un menú (Figura 49).

La opción “bloquear” permite dejar estático el monitor seleccionado en ese sector por lo que no se podrá eliminar ni cambiar, así que para la instalación seleccioné la opción “desbloquear” (Figura 49, flecha roja), ya que ésta opción permite eliminar o cambiar el monitor en el sector seleccionado. Ambas opciones sólo pueden ser seleccionadas en modo servicio.

La opción “Seleccionar unidad y luego número de cama” (Figura 49, flecha azul), permite elegir que monitor se mostrará en ese sector, el cual puede ser de la misma unidad que la central o diferente.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intensiva

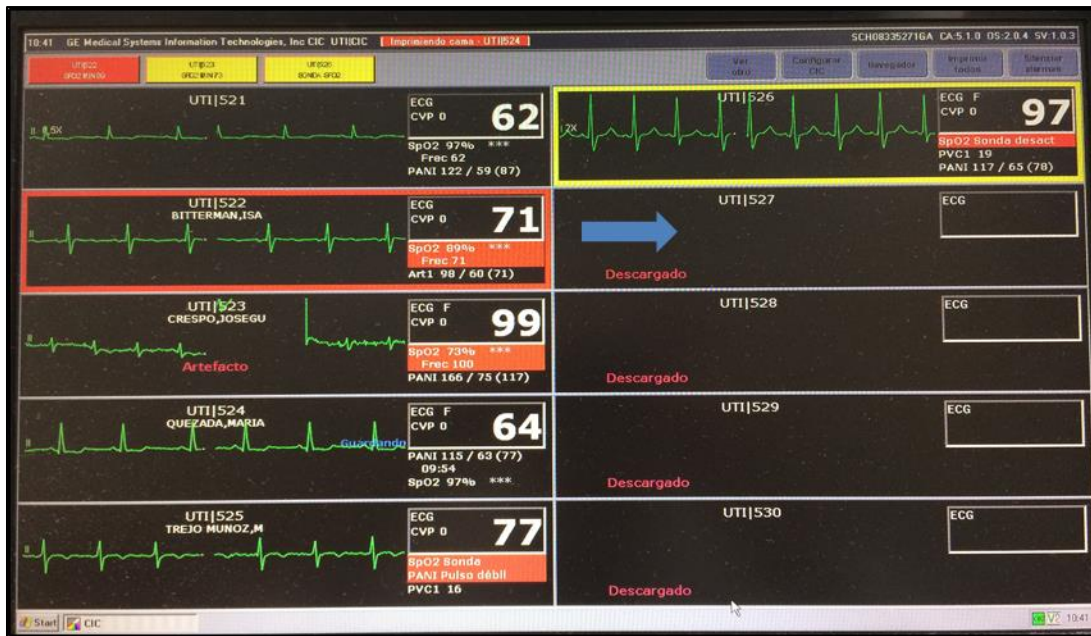


Figura 48. Pantalla Principal CIC PRO.

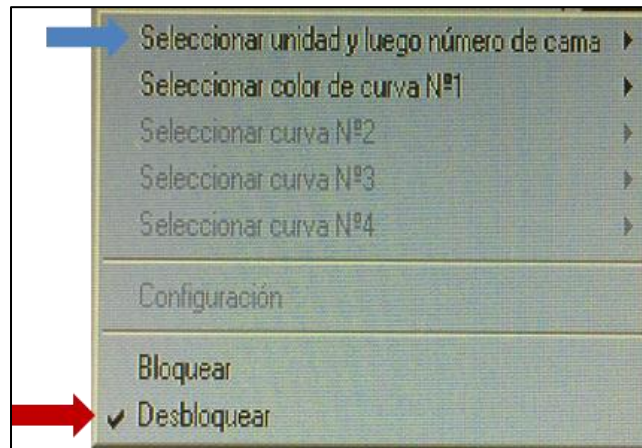


Figura 49. Pestaña de opciones del sector.

Después de que realicé las configuraciones necesarias, regresé a la pestaña “Ajustes prefijados de CIC” y para aplicar las acciones realizadas seleccioné el botón “**Aplicar**” (Figura 50, flecha amarilla).

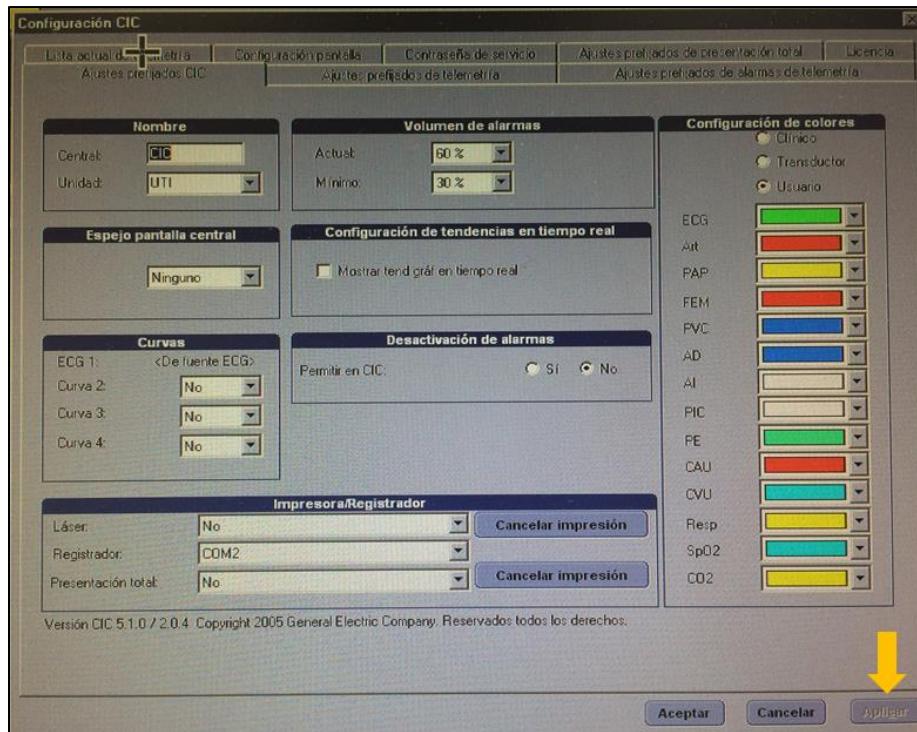


Figura 50. Pestaña ajustes prefijados CIC (modo servicio).

Con esta última acción finalicé la configuración de la central, obteniendo el resultado mostrado en la Figura 51.

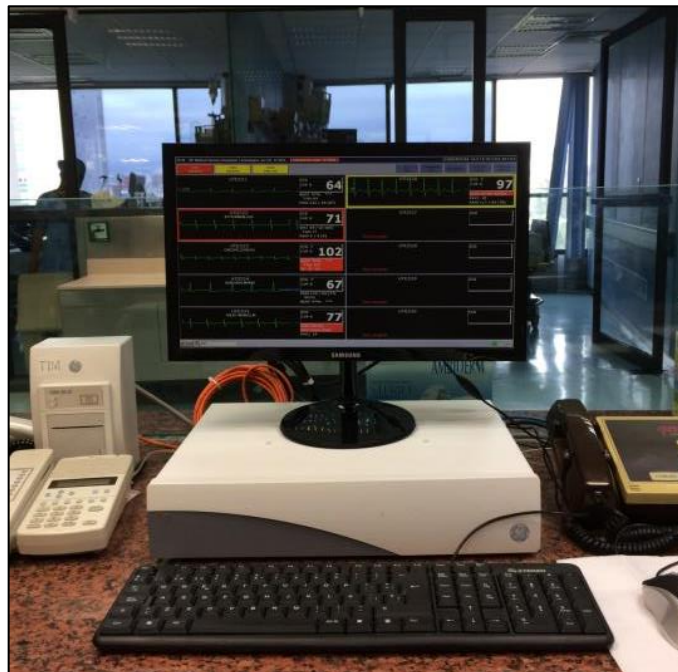


Figura 51. Central de monitoreo CIC|UTI.

6. CONCLUSIONES

El área donde se trabajó era un área crítica, en la cual, el personal de enfermería y médicos requieren conocer los signos vitales de los pacientes para su oportuna atención y pronta recuperación. Es por eso, que la central de monitoreo es una herramienta de mucha utilidad debido a que proporciona información continua durante el tiempo que el paciente se encuentra conectado al monitor, facilitando la labor del personal médico.

El monitoreo de los signos vitales en pacientes críticos, es uno de los principales procedimientos que se llevan a cabo en la atención de la salud de estos pacientes. Esta tecnología permite verificar el estado de salud y avance en la recuperación de los pacientes en los que es inminente seguir su evolución clínica y prevenir posibles eventos que pongan en riesgo la vida del paciente.

La carencia de esta tecnología en un área de terapia intermedia, si bien no pone en riesgo la vida del paciente, hace más complicado el quehacer del personal médico. El área de terapia intermedia presentaba demasiados mantenimientos correctivos, lo que provocaba sobrecarga de trabajo al personal de enfermería debido a que tienen a su cargo varios pacientes al mismo tiempo, adicional implicaba gastos excesivos en mantenimiento para el departamento de Ingeniería Biomédica.

Después de realizar los mantenimientos correctivos de la central de monitoreo, el departamento de biomédica decidió realizar la actualización, esta acción fue encargada a la empresa donde laboro. Para empezar se necesitó investigar la información de los monitores de signos vitales que se utilizan en todo el piso, tales como su modelo, versiones de software con su compatibilidad en red y la forma en como están conectados en el área. Busqué las centrales candidatas para la actualización, descartando modelos por compatibilidad con monitores de signos vitales y costo de la central. Al final seleccioné la central más adecuada para la actualización, cumpliendo con los requisitos que se necesitaban en el área.

La instalación de la nueva central benefició al área de terapia debido a que se amplió el área de la central de enfermería, ya que la nueva central ocupa menos espacio. Por otro lado, el equipo anterior no contaba con un equipo de soporte de energía, por lo que se colocó un UPS para asegurar que no se tengan interrupciones en el suministro. Para

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

seleccionar el UPS a instalar, realicé un estudio teórico y una prueba práctica para asegurar que cumpliera con el soporte de energía adecuado para la central y el monitor. Al finalizar, el equipo que seleccioné cumple con los requerimientos necesarios para el área de terapia.

Al conservar la misma marca de la central favoreció al personal de enfermería y al personal de biomédica, debido a que la interfaz de usuario que tenía la antigua central es idéntica a la interfaz que tiene la central que se instaló; al mismo tiempo no fue necesario capacitar al personal de biomédica ni al personal de enfermería, reduciendo el trabajo extra que tendrían ambas áreas al realizarse una capacitación. Otro punto que benefició el conservar la misma marca de la central, es reducir las fallas causadas por el usuario debido al manejo inadecuado del equipo.

La actualización beneficia en la reducción de costo al departamento de biomédica, el beneficio se debe a que ya no se requiere gastar presupuesto en los mantenimientos correctivos del equipo y también permite que el hospital pueda seguir utilizando sus monitores de signos vitales actuales sin tener que realizar un gasto en la actualización de estos.

Gracias a los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería pude plantear cuales eran los requerimientos del área, el tipo de comunicación entre la central y los monitores de signos vitales y seleccionar de manera adecuada los equipos necesarios para poder efectuar la actualización de la central.

El trabajo realizado ayudó a que el personal del área de terapia intermedia tenga la herramienta necesaria para monitorizar, cuidar y ayudar a mejorar la salud de los pacientes.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Secretaría de Salud, (2013), *NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012, Que establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada*, México.
2. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Cedula de Especificaciones Técnicas, Monitor de Signos Vitales Avanzado [Online]. p.1 Disponible en: <http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/CETpdf/monitores/MonitorAvanzado.pdf>
3. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, (2005), Guía tecnológica No. 13: Monitores de signos vitales, México, México: CENETEC, SALUD. pp. I-1, I-2, I-3, I-5.
4. Cisco, Lo que usted necesita saber sobre routers y switches conceptos generales. p.1. https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/desconectadosanonimos/routing/pdfs/brochure_redes.pdf
5. Stanfield, C., (2011), Principios de fisiología humana, España Madrid, PEARSON EDUCACIÓN. pp. 370, 376, 377, 396, 397, 452-454, 617, 618.
6. Guyton, A. C., and Hall, J. E., Tratado de fisiología médica, Jackson Mississippi University of Mississippi Medical Center. pp. 127-130.
7. Mohamed, Z.; Shukri, A.; Ariffuddin, J.; y Mahadi, A. J., (2011), Design and development of a portable pulse oximetry system, Malaysia, Malaysia: Faculty of Electrical & Electronic Engineering, University Tun Hussein. pp. 38, 39.
8. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Cedula de Especificaciones Técnicas, Central de Monitoreo [Online]. p.1 Disponible en: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/CETpdf/centrales_monitoreo/CentraldeMonitoreo.pdf
9. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, (2006), Guía tecnológica No. 24 Centrales de monitoreo de signos vitales, México, México: CENETEC, SALUD. pp. I-1, I-2, I-3 y I-6
10. Philips Medical System, (2002), Central de información intelliVue Instrucciones de uso versión D.01, USA, pp. 1-7, 1-8, 1-9.
11. Secretaría de Salud, Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, (2016), Glosario de Gestión de Equipo Médico, México, Ciudad de México. p. 39.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

12. Vignolo, J.; Vacarezza, M.; Alvarez, C.; Sosa, A., (2011), *Niveles de Atención, de prevención y atención primaria de la salud*. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-423X2011000100003
13. Organización Mundial de la Salud, (2010), *Introducción al programa de mantenimientos de equipos médicos*.
14. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, (2013), *Guía de procedimientos para un centro estatal de ingeniería biomédica (CEDIB)*, México DF, México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, Edición Digital.
15. Consejo de Salubridad General, (2013), *Cuadro básico y catálogo de instrumental y equipo médico*, México DF, México: Consejo de Salubridad General.
16. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitario, *Criterios para la clasificación de dispositivos médicos con base a su nivel de riesgo sanitario*, México:
www.cofepris.gob.mx/AS/Documents/.../6criterios_clasif_riesgosan_DM_251108.pdf.
17. Townsend, N., y Michaelmas, T., (2001), *Medical Electronics*.
18. Lopez, S., (2012), *Pulse oximeter fundamentals and design*, Freescale Semiconductor.
19. Secretaría de Energía, (2012), *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización) (continúa en la segunda sección)*, México.
20. Ganong, W. F., *Fisiología médica*, San Francisco University of California, México: El Manual Moderno.
21. GE Medical Systems Information Technologies, (2002), *Solar 8000M patient monitor service manual v3*.
22. GE Medical Systems Information Technologies, (2003), *Solar 8000M patient monitor service manual v4*.
23. GE Healthcare, (2010), *CIC PRO Clinical information center Service manual Software version 5.1*.
24. GE Healthcare, (2010), *CIC PRO Clinical information center uniting clinical intelligence across the enterprise*.
25. GE Medical Systems Information Technologies, (2005), *CIC PRO Clinical information Center service manual software version 4*.
26. GE Medical Systems Information Technologies, (2014), *CARESCAPE Central station Technical Manual Software version 1*.

Actualización Tecnológica de la Central de Monitoreo en el Área de Terapia Intermedia

27. GE Medical Systems Information Technologies, (2014), *CARESCAPE Central Station Technical specifications supplement.*
28. GE Medical Systems Information Technologies, (2014), *CARESCAPE Central Station Compatible devices supplement.*
29. Tripp Lite, (2017), *UPS de escritorio series VS interactivo en línea de 120 V 800 VA 400 W, torre, 6 tomacorrientes, numero de modelo VS800AVR.*