



## "De la Teoría a la Práctica: Desarrollo Exitoso de un Monitor de Signos Vitales"

Garrido Villarreal Aura Selene, Mesa Sandoval Juan Pablo, Sarao Sánchez Jesús Alejandro, Vázquez Guillen Haydeé Alejandra. Universidad Modelo. Ingeniería Biomédica. Aparcamiento, México 176, 97305 Mérida, Yuc.  
Teléfono 9999301900. Correo: [jesus.sarao.2705@gmail.com](mailto:jesus.sarao.2705@gmail.com)

**Palabras clave:** *signos vitales, monitorización, electrocardiograma, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca, temperatura.*

**Resumen.** El proyecto de desarrollo de un monitor de signos vitales se enfoca en la creación de un dispositivo

electrónico avanzado capaz de recolectar, analizar y transmitir de manera precisa las variables críticas del cuerpo, como la presión arterial, el ritmo cardiaco, la temperatura, la saturación de oxígeno, la frecuencia respiratoria y el electrocardiograma. Este innovador sistema de monitoreo de signos vitales se prevé como una solución asequible que podría beneficiar a un amplio espectro de personas. La razón de su viabilidad radica en la capacidad de ofrecer una alternativa con costos de fabricación y operación significativamente más bajos en comparación con los productos actualmente disponibles en el mercado. De la misma manera fundamental en los conocimientos minuciosamente adquiridos durante el transcurso del semestre. Estos conocimientos actúan como pilares esenciales que no solo respaldan la concepción y planificación del proyecto, sino también confieren una perspectiva crítica y un conjunto de habilidades clave para su ejecución. Al haber asimilado conceptos, técnicas y metodologías específicas, se proporciona un fundamento robusto para abordar los desafíos inherentes al proyecto. Los conocimientos adquiridos

se convierten en herramientas valiosas que permiten no solo cumplir con los objetivos del proyecto, sino también superar las expectativas y sentar las bases para futuras iniciativas. Así, la viabilidad del proyecto se presenta no solo como una consecuencia natural de los conocimientos adquiridos, sino como una manifestación tangible del crecimiento y la aplicación exitosa de estos conocimientos en el mundo real.

**Introducción.** Para la monitorización de signos vitales y la construcción y el diseño del monitor de signos vitales deben de tomarse en cuenta las siguientes guías tecnológicas y normas oficiales:

Guía Tecnológica 13 Monitor de signos vitales: La información contenida en las Guías Tecnológicas desarrolladas en el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC), está organizada de manera que pueda ser consultada con facilidad y rapidez para responder dudas o preguntas que frecuentemente se planteará la persona que toma decisiones sobre equipos médicos: ¿Qué es?, ¿Para qué sirve?, ¿Cómo seleccionar la alternativa más apropiada? Estas guías incluyen información sobre los principios de operación, riesgos para pacientes y



operadores además de alternativas de selección. También encontrará cédulas de especificaciones técnicas que pueden ser usadas para la adquisición de los equipos. Las Guías Tecnológicas del CENETEC, no tienen un carácter normativo, sino informativo.

Un monitor de signos vitales es un dispositivo que permite detectar, procesar y desplegar en forma continua los parámetros fisiológicos del paciente. Consta además de un sistema de alarmas que alertan cuando existe alguna situación adversa o fuera de los límites deseados.

Dependiendo de la configuración, los monitores de signos vitales miden y despliegan ondas y/o información numérica para varios parámetros fisiológicos. El monitoreo continuo es una herramienta muy valiosa para los médicos y enfermeras ya que les permite evaluar en todo momento y de forma completa las condiciones fisiológicas del paciente, además, permite hacer mejores valoraciones y tomar mejores decisiones en su tratamiento y diagnóstico.

Los monitores de signos vitales pueden ser:

- Preconfigurados
- Modulares

En los primeros, los parámetros a monitorizar son fijados por el proveedor desde la fábrica y no es posible agregarle ningún parámetro adicional. Mientras que, en los segundos, el usuario puede seleccionar dichos parámetros adicionando dispositivos conocidos como módulos. Los monitores modulares proveen de módulos independientes para cada uno de los parámetros (uniparámetros) o para un grupo de parámetros (multiparámetros). Algunos

de los parámetros utilizados en la monitorización son: el electrocardiograma (ECG), arritmias, presión invasiva, presión no invasiva, gasto cardíaco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tanto “sidestream” como “mainstream”, saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>), saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>), electroencefalografía (EEG), fracción inspirada de oxígeno, temperatura y frecuencia cardíaca.

Tipos de monitores:

- Fijos. Sujetos a la pared a través de un soporte especialmente diseñado.
- Portátiles. Son los utilizados para monitorizar un paciente en su traslado de un área a otra dentro de la misma institución o de una institución a otra y estos últimos requieren de una conexión de 12v para conectarse a la ambulancia.

Las siguientes son algunas de las principales normas nacionales e internacionales que tienen relación con los equipos y procedimientos de los monitores de signos vitales:

Nom-001-sede-2012

En el sector hospitalario además de tratar temas de salud e higiene es muy importante tener en cuenta la seguridad eléctrica, para esto es necesario cumplir con una serie de procesos de acuerdo con las normas de instalaciones eléctricas hospitalarias de México para ser más concretos se hablará de la NOM 001 SEDE 2012.

Objetivo:



El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Descargas eléctricas
- Efectos térmicos
- Sobrecorrientes
- Corrientes de falla
- Sobretensiones.

#### Aplicaciones:

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en: Propiedades industriales, comerciales, de vivienda, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensión de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.

#### Norma EN 60601-1

La EN 60601 es una familia de normas cuyo ámbito abarca la seguridad, el rendimiento esencial y la compatibilidad electromagnética de los equipos y sistemas eléctricos médicos. Es técnicamente equivalente a la norma internacional IEC 60601 y la familia comprende más de 70 normas diferentes. Los equipos electro médicos deben ser muy seguros, sobre todo los equipos que se deben conectar al

cuerpo de los pacientes para realizar su cometido, en los que una faceta importante es su seguridad eléctrica. El control de la seguridad eléctrica depende del diseño y la integración de las fuentes de alimentación en los equipos electro médicos. La norma EN 60601-1 (Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial) es la norma que aborda cómo controlar muchos de los riesgos asociados a los equipos electro médicos. El cumplimiento de esta norma y el seguimiento de las metodologías de diseño para lograr el aislamiento eléctrico necesario para conseguir que el equipo sea seguro, puede ser una tarea compleja.

#### Efectos secundarios y riesgos:

- Algunos de los problemas asociados a los monitores tienen que ver con el uso inapropiado de los mismos:
- Los electrodos, especialmente los asociados a calentamientos deberán cambiarse periódicamente para evitar quemaduras o irritaciones en la piel.
- Los cables de cada uno de los parámetros y en especial los de las derivaciones de ECG deberán ser revisados periódicamente para detectar rupturas o falsos contactos.
- Se debe tener precaución en el uso de pulsioxímetros sobre todo cuando se usan sistemas de electrocirugía debido a que éstos generan señales de alta frecuencia que podrían afectar la operación del sensor de SpO<sub>2</sub>.
- Los cables de los diferentes parámetros, así como los cables de derivaciones de ECG deberán estar protegidos como lo indica la FDA para evitar descargas en los pacientes.



- Las alarmas en los monitores dan una de las principales consideraciones y los usuarios de éstos deberán estar familiarizados en sus diferencias auditivas y visuales ya que éstas deberán clasificar las diferentes situaciones del paciente entre muy graves, moderadas y de bajo riesgo.
- Los pacientes en un Hospital se encuentran más vulnerable a sufrir un choque eléctrico debido a dos circunstancias: se encuentran conectados con electrodos o catéteres conectados invasivamente a su cuerpo; al no existir la resistencia propia de una piel íntegra, el paciente se encuentra más expuesto al paso de la corriente de fuga (20 a 350 microamperes). Y a la propia condición del paciente debido a su propio padecimiento: aplicación de medicamentos, pacientes con baja circulación, entre otros. Será necesario incluir un programa de seguridad eléctrica que incluya la revisión de polaridades, contactos, medición de corrientes al menos dos veces al mes. Además de llevar a cabo pruebas de seguridad con los propios monitores de paciente al menos dos veces al mes.
- Cuando se utilizan transductores para la medición de la presión invasiva; es necesario llevar a cabo calibraciones a cero con el fin de asegurar que las mediciones sean fidedignas.

### **Especificaciones Técnicas.**

El CENETEC, en conjunto con usuarios clínicos y proveedores, ha diseñado cédulas de especificaciones técnicas que pueden usarse en la toma de decisiones para adquisición de equipo. La intención de la

clasificación y del diseño de las cédulas es permitir que en cada una de las categorías participe el mayor número posible de equipos de nivel tecnológico y rango de precios similares, sin descuidar la exigencia de calidad requerida para garantizar la correcta atención de los pacientes.

### **Resumen de características técnicas de un monitor de signos vitales básico.**

- ✓ Monitor configurado o modular con pantalla de 8 pulgadas como mínimo.
- ✓ Despliegue de curvas fisiológicas de: Al menos 3 curvas simultáneas.
- ✓ ECG,
- ✓ Saturación de O<sub>2</sub>
- ✓ Pletismografía.
- ✓ Respiración

### **Resumen de características técnicas de un monitor de signos vitales intermedio.**

- ✓ Monitor configurado o modular con pantalla de 10.4 pulgadas como mínimo.
- ✓ Despliegue de curvas fisiológicas de: Al menos 4 curvas simultáneas o seis
- ✓ simultáneas según opciones de crecimiento.
- ✓ ECG,
- ✓ Saturación de O<sub>2</sub>
- ✓ Pletismografía.
- ✓ Respiración.
- ✓ OPCIONALES: Capnografía, Presión invasiva, Gasto cardiaco por termodilución



Resumen de características técnicas de un monitor de signos vitales avanzado.

- ✓ Monitor modular con pantalla de 15 pulgadas como mínimo.
- ✓ Despliegue de curvas fisiológicas de al menos 8 curvas simultáneas.
- ✓ ECG
- ✓ SpO<sub>2</sub>
- ✓ Pletismografía
- ✓ Respiración
- ✓ Temperatura.
- ✓ Presión no invasiva
- ✓ Presión invasiva
- ✓ Capnografía.
- ✓ OPCIONALES: EEG, Índice Biespectral, Gasto cardíaco, Espirometría.

Áreas de especialización.

Para áreas de especialización como terapias intensivas de adultos, coronarias y neonatales se sugiere pensar en monitores modulares y con despliegue de al menos 6 formas de onda.

Entre los parámetros sugeridos como base se recomiendan: electrocardiograma (ECG) con medición

de la frecuencia cardíaca, respiración, presión no invasiva (PNI), uno o dos canales de presión invasiva (PI), saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) pletismografía y temperatura, en todos los equipos y 2 ó 3 módulos de gasto cardíaco y de CO<sub>2</sub> por unidad.

Otra aplicación para considerar es el sistema con algoritmos aprobados por organismos internacionales,

para detección de arritmias tales como la American Heart Association (AHA) y el Massachusetts Institute of Technology (MIT), así como un sistema confiable de alarmas.

Se sugiere monitorización de 12 canales de electrocardiograma (ECG) y medición de segmento ST al

menos en 3 canales.

En quirófanos y áreas de recuperación se recomiendan también, monitores modulares. Éstos deberán poder conectarse (a través de alguna interfase) a las máquinas de anestesia con el fin de integrar y manejar toda la información desde el monitor de paciente. Y de preferencia un módulo con al menos dos canales de EEG además de lo antes mencionado en áreas como terapia intensiva.

En áreas de urgencias es preferible contar con monitores fáciles de usar.

- Que puedan medir parámetros básicos: ECG, PNI y SpO<sub>2</sub>.
- Adicionalmente podría contarse con algún módulo de PI y de CO<sub>2</sub>.

### **Electrocardiograma.**

Un electrocardiograma (ECG) consiste en la detección y representación gráfica de los cambios eléctricos que tienen lugar en el miocardio, por lo tanto, su monitorización permite observar alteraciones en el correcto funcionamiento del



corazón, tanto en el ritmo y la frecuencia de las pulsaciones, como en la transmisión del impulso nervioso permitiendo detectar episodios de isquemia miocárdica o arritmias.

Actualmente en las *UCI* se realiza a todos los pacientes de manera rutinaria ya sean pacientes coronarios o no.

Esto permite descartar la existencia de patología cardíaca y, en caso de que se produzca, facilitar que el personal sanitario detecte rápidamente de qué se trata y pueda actuar correctamente ante el evento cardíaco y restablecer el estado del paciente. Gracias a la monitorización con *ECG* se ha disminuido la mortalidad del infarto agudo de miocardio (*IAM*), además, permite predecir otras situaciones como la muerte súbita por fibrilación o la taquicardia ventricular que si no es tratada puede degenerar en fibrilación ventricular.

A pesar de que la monitorización mediante *ECG* ha permitido detectar muchos problemas cardíacos, todavía muchas arritmias no son detectadas debido a la brevedad que tienen en numerosas ocasiones.

Por ello, se han diseñado monitores cada vez más capaces de analizar el trazado electrocardiográfico y activar la alarma si se encuentra alguna arritmia, pero, aunque actualmente los monitores suelen pecar por exceso, todavía no se detectan todas las arritmias que realmente se producen.

### **Temperatura.**

En los últimos años, se han desarrollado nuevas formas de monitorizar la temperatura corporal de forma no invasiva. Actualmente, existen dispositivos capaces de medir la temperatura mediante una pegatina que se coloca en la frente del paciente y consigue tomar la temperatura central.

Se han realizado diversos estudios con ellos comparándolos con métodos invasivos como el catéter de Swan-Ganz y obteniendo como resultado que son muy precisos y confiables además de que, al ser un método no invasivo, disminuye el tiempo de recuperación del paciente, las heridas quirúrgicas al no ser necesario colocar un catéter, etc.

### **Saturación de oxígeno.**

Mide el porcentaje de hemoglobina total que está saturada de oxígeno. Los valores normales de saturación de oxígeno se encuentran entre el 95-100 % pero, en pacientes con alguna patología respiratoria como, por ejemplo, una enfermedad pulmonar crónica (*EPOC*), se considerará normal una saturación de hasta el 87% para evitar que un elevado aporte de oxígeno produzca toxicidad.

La saturación de oxígeno ( $SO_2$ ) generalmente puede obtenerse mediante métodos no invasivos y de forma continua, lo que permite su monitorización constante en las *UCI* y otras áreas en la que se encuentran pacientes críticos

- Sería de gran utilidad el monitoreo continuo de 12 derivaciones de ECG y análisis del segmento ST.
- Sería muy útil poder conectar estos monitores a una central de monitoreo.

Dispositivos existentes en el mercado:

Universidad Politécnica Salesiana

Prototipo de monitor de signos vitales, consiste en un circuito electrónico que se encuentra dentro de la carcasa, que mediante sensores y transductores despliegan las mediciones en el Display.



**Fig.1** Prototipo de monitor de la Universidad Politécnica de Salesiana.

Instituto Tecnológico de Colima

Pulsera que transmite los signos vitales del paciente en tiempo real.



**Fig.2** Prototipo de monitor del Instituto Tecnológico de Colima.

Tecnológico de Monterrey



**Fig.3** Prototipo de monitor "ECGLove".

El "ECGLove", un ingenioso dispositivo portátil que revoluciona la medición de la frecuencia cardíaca. Este guante cuenta con sensores estratégicamente ubicados en los dedos, capaces de capturar y visualizar los datos de manera instantánea en una pantalla integrada. Este enfoque innovador permite a los paramédicos acceder a información precisa de manera inmediata, lo que se traduce en una atención



más rápida y efectiva para los pacientes en situaciones críticas.

## Guía rápida de Monitor de paciente IntelliVue MX100/X3

La guía es un manual rápido para ser leído por los usuarios y contiene las Instrucciones de uso antes de iniciar la monitorización de pacientes. En el documento se hace la explicación y se muestra por medio de imágenes representativas del monitor, de los botones, las opciones posibles como, por ejemplo: encendido del monitor, la configuración de las mediciones, las conexiones específicas de los cables específicos, las teclas, entre otras opciones.

**Activar o desactivar alarmas de medición**

Para activar o desactivar alarmas de medición individual, seleccione el valor numérico de la medición. En el menú de configuración de la medición, seleccione **Alarmas** para alternar entre activar y desactivar.

**Ajustar el volumen del tono QRS**

En el menú **Configurar S&O** y el menú **Configurar ECG**, seleccione **Volumen QRS** y, a continuación, el volumen apropiado para el tono QRS.

**Iniciar mediciones de la PNI**

Selecione el valor numérico de **PNI** en la pantalla para entrar en el menú de configuración. Seleccione **Iniciar/Detener PNI** para iniciar la medición de la PNI.

Selecione **Tiempo**, repetición para cambiar la frecuencia de repetición de las mediciones automáticas de la PNI.

Selecione **Modo** para cambiar al modo Manual, Auto o Secuencia.

**Configurar la presión invasiva doble**

La medición integrada de la presión y de la presión en las conexiones de medición de la generación actual, con mediciones dobles de la presión.

Para medir dos presiones, necesita un cable de presión doble o un adaptador. Los dos brazos del cable de presión doble están marcados para su identificación con un anillo y dos arcos.

Selecione **Selección de la medición**, los dos conectores de presión se muestran separados. Al seleccionar uno de los brazos se muestra un símbolo con una barra o dos barras que se corresponde con el brazo del cable de presión doble al que está conectado el transductor de presión.

**Seleccionar un rútilo de presión**

Selecione en pantalla la onda de presión y, a continuación, seleccione **Rútilo**. Seleccione el número rútilo de la lista que aparece a la derecha.

**Resolver conflictos de rútilos**

Cada rútilo de medición, por ejemplo, PNI y PNC para la presión, solo puede utilizarse una vez. No se pueden medir dos presiones con el rútilo PNC de forma simultánea. Los rútilos de medición se guardan en el dispositivo de medición (el módulo o el módulo multifuncional). El uso de los dos dispositivos de medición con los mismos rútilos, provocará un conflicto de rútilos en el monitor.

Si se producen un mayor conflicto de rútilos, se mostrarán unos signos de interrogación en rojo debajo de la lista de selección de la medición.

Para resolver un conflicto de rútilos, abra la ventana **Selección de la medición** mediante la tecla de selección de la medición.

Observe que los dos rútilos en conflicto aparecen en rojo y el dispositivo conectado más tarde se desactivará (el conector se muestra en gris).

Selecione este dispositivo y, a continuación, la tecla emergente **Cambiar Rútilo**. Seleccione un rútilo diferente para este dispositivo, el cual se activará automáticamente quedando al resuelto el conflicto.

**Poner a cero la línea de presión**

Come la base de paso de la línea de presión al paciente y abra al aire. En el menú de configuración de la presión, seleccione **Poner a cero rútilo PNC**. Un mensaje en el monitor indica que se ha completado la puesta a cero. Come la base de paso al aire y abra al paciente, los valores numéricos de la presión aparecerán junto a la onda de presión.

**Cargar la batería del monitor**

Puede alternar entre el funcionamiento con batería y el funcionamiento por alimentación externa sin necesidad de interrumpir la monitorización.

**Conectar el X3 a un monitor host (solo X3)**

Cuando está conectado a un monitor host, el X3 se alimenta del monitor lo necesario para cargar su batería. Puede saber si un X3 está conectado a un monitor host mediante la barra azul que aparece en la pantalla con el texto **Mode Companion** y **Sin info. alarmas**.

**LED de la batería**

El indicador de batería, situado en el panel frontal del monitor, se indica mediante un símbolo de batería. Durante el funcionamiento con batería, el indicador de la capacidad de la batería está apagado. Solo se ilumina cuando la carga de la batería está muy baja (LED rojo parpadeará de forma intermitente). Cuando el monitor está conectado a una forma de alimentación externa, el color del indicador de la batería muestra su estado de carga.

- Verde: capacidad > 90% (cargando)
- Verde parpadeara: intermedio: la batería o el cargador no funcionan correctamente

**Comprobar el estado de la batería**

Para comprobar el estado detallado de la batería, toque el icono de la batería en la pantalla principal o seleccione **Config.**, **Principal** y, a continuación, **Batería**.

**Gestionar pacientes**

**Admitir a un paciente manualmente**

Selecione el texto **No admitido** en la parte superior de la pantalla del monitor.

**Admitir un paciente**

Selecione la tecla emergente **Admitir Paciente** en la parte inferior del monitor.

Selecione el campo **Apellidos**, escriba el nombre con el teclado y seleccione la tecla **Intro**.

Introduzca el resto de los datos requeridos del paciente del mismo modo. En **Con nombre** y **Sexo**, deberá elegir un valor de la lista que aparece en el recuadro de la derecha.

Introduzca **Notas** según sea necesario.

**Selección de la tecla emergente **Aprobar****, el nombre del paciente debería aparecer en la línea de información para el monitor. Como la ventana **Dato de filiación** mediante la X en el ángulo superior derecho de la ventana, o bien mediante la tecla **Pantalla**.

**Uso de la opción "Buscar Paciente"**

Utilice la tecla **Buscar Paciente** para buscar datos de paciente en el Centro de Información y los sistemas de información hospitalaria que pueda haber conectado. Puede usar **Buscar Paciente** para buscar, modificar o borrar a pacientes.

**Dar de alta o trasladar a pacientes**

Selecione el campo del número del paciente y, a continuación, seleccione:

- **Dar Alta Paciente**, para dar de alta al paciente o imprimir ningún informe.
- **Transferir Caso**, para dar de alta al paciente o imprimir informes.
- **Transferir**, para trasladar al paciente a otra cama o desde otra cama.

**Fig.4** Guía rápida para ser leído por los usuarios y contiene las instrucciones de uso antes de iniciar la monitorización de pacientes.

## Materiales y métodos.

Estimación de componentes necesarios para la realización del monitor de signos vitales			
LISTA DE MATERIALES REQUERIDOS			
MATERIAL	DESCRIPCIÓN	COSTO	IMAGEN
LCD 20x4	Pantalla de que se utiliza para ver imágenes fijas y en movimiento.	\$ 209.00	
OLED SSD1309	Pantalla que sirve para conseguir un nivel más alto de calidad de la imagen, así como de contraste.	\$ 364.00	
Protoboard	Herramienta que se utiliza en proyectos de electrónica, no requiere soldaduras.	\$ 70.00	
Impresión 3d	proceso de cración de objetos mediante la impresión de filamento de plástico.	\$ 33.00	
Arduino Uno	Es una tarjeta de desarrollo ideal para proyectos de hardware y de automatización programable que te permite llevar a cabo ideas tanto personales como industriales	\$ 330.00	
Cable para protoboard	cable con un conector en cada punta (o a veces sin ellos), que se usa normalmente para interconectar entre sí los componentes en una placa de pruebas.	\$ 50.00	
SENSOR MLX90614	Sensor para medir la temperatura	\$ 220.00	
Amplificador operacional	El TL081 es un amplificador operacional de entrada JFET de alta velocidad que incorporan JFET de alta tensión y transistores bipolares de alta tensión en un circuito integrado monolítico.	\$ 26.00	
Amplificador de señal	INA128	\$ 140.00	
Oxímetro MAX30102	Permite medir el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina (SaO2) en sangre de un paciente utilizando un circuito fotoléctrico	\$ 118.00	
Capacitor	Básicamente un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. La resistencia es un componente imprescindible en un circuito eléctrico.	\$ 14.00	
Resistencias	Está fabricada por carbón u otros materiales resistentes a la electricidad que actúan como obstáculo cuando pasa la corriente eléctrica	\$ 5.00	
Latiguillos de ECG	El cable troncal de ECG con conector de cable 3/5 es una PARTE especialmente diseñada para usar con monitores de ECG.	\$ 225.00	
Electrodos	Los electrodos son parches adhesivos con cables que se conectan a un monitor.	\$ 7.00	
Estaño	El estaño es un elemento natural en la corteza terrestre. Es un metal blando, blanco-plataado que no se disuelve en agua. Está presente en latón, bronce, peltre y en algunos materiales para soldar.	\$ 50.00	
Cautín	El cautín o estación de soldadura es el instrumento que nos permite soldar los diferentes puntos de unión existentes en los equipos electrónicos.	\$ 180.00	
Pinzas	Las pinzas de corte están diseñadas para trabajos eléctricos, electrónicos, telefónicos, generales y automotrices que impliquen cortar y desollar alambre, cortar y quitar ganchos, clavos y otros sujetadores.	\$ 150.00	
TOTAL		\$ 2,191.00	

**Fig.5** Tabla de materiales utilizados a lo largo del proyecto

Para el ECG se hicieron pruebas con amplificadores operaciones TL-081, de la misma manera se realizaron ciertos cálculos para la obtención de las

resistencias precisas para el correcto funcionamiento de los filtros junto con los capacitores.

Consultando los Datasheet de los amplificadores se encontraron las fórmulas para la obtención de los componentes ideales.

Para el filtro HIGH-PASS:

$$C1 = C2$$

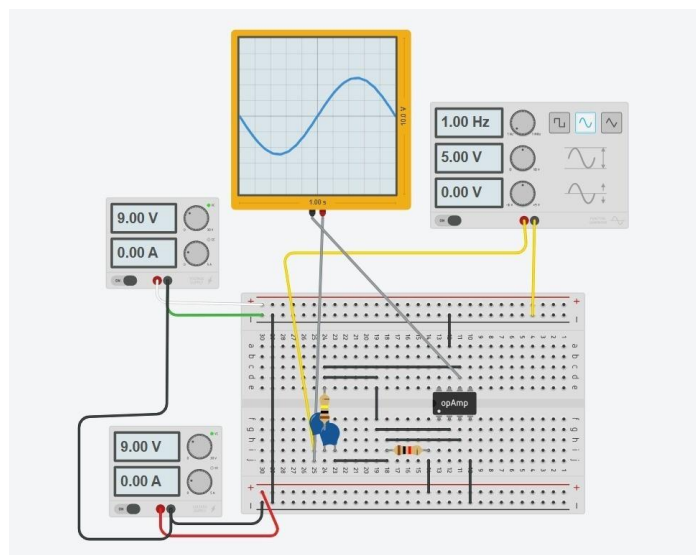
$$1\mu F = 1\mu F$$

$$R1 = \frac{1}{\sqrt{2} * \pi * C1 * frecuencia}$$

$$R1 = \frac{1}{\sqrt{2} * \pi * 1\mu F * 0.05Hz} = 4,501,581.581$$

$$R2 = \frac{1}{2\sqrt{2} * \pi * C1 * frecuencia}$$

$$R2 = \frac{1}{2\sqrt{2} * \pi * 1\mu F * 0.05Hz} = 2,250,790.79$$



**Fig.6** Utilizando el software Tinkercad se realizaron las simulaciones del filtro HIGH PASS.

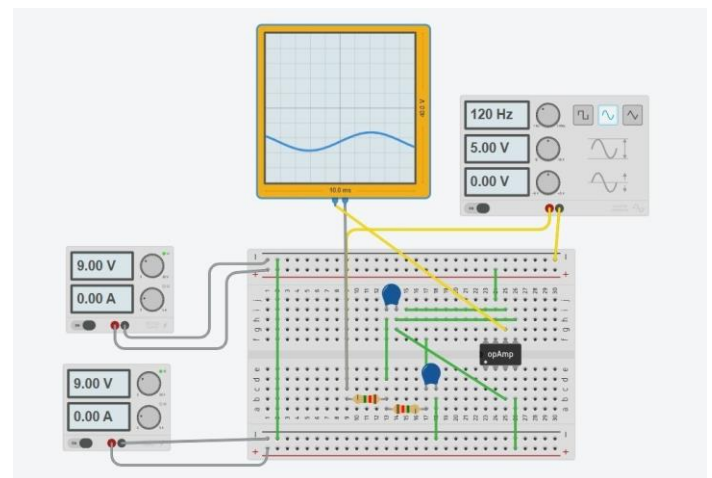
Filtro LOW-PASS:

$$C1 = 1nF$$

$$C2 = C1 * 2 = 2nF$$

$$R1 = R2 = \frac{1}{\sqrt{2} * \pi * C1 * frecuencia}$$

$$R1 = R2 = \frac{1}{\sqrt{2} * \pi * 1\mu F * 80Hz} = 1.406M\Omega$$



**Fig.7** Utilizando el software Thinkercad se realizaron las simulaciones del filtro LOW PASS.

FILTRO NOTCH:

$$C1 = C2$$

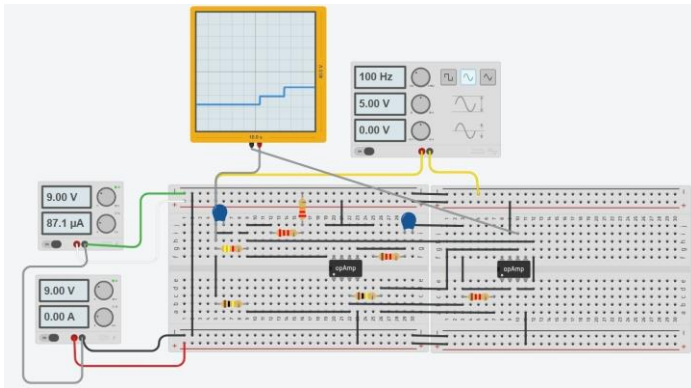
$$1\mu F = 1\mu F$$

$$R3 = R4 = \frac{1}{2 * \pi * C1 * frecuencia}$$

$$R3 = R4 = \frac{1}{2 * \pi * 1\mu F * 60Hz} = 2.65K\Omega$$

$$R1 = R2 = 20 * R3$$

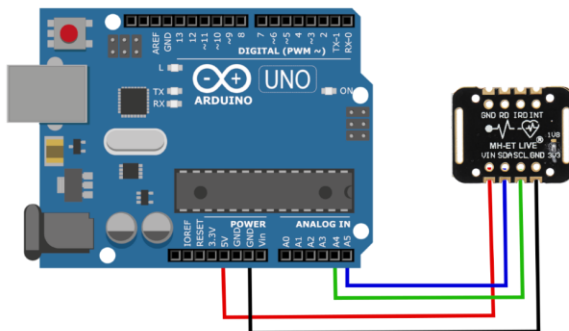
$$R1 = R2 = 30 * 2.65K\Omega = 53K\Omega$$



**Fig.8** Utilizando el software Tinkercad se realizaron las simulaciones del filtro NOTCH.

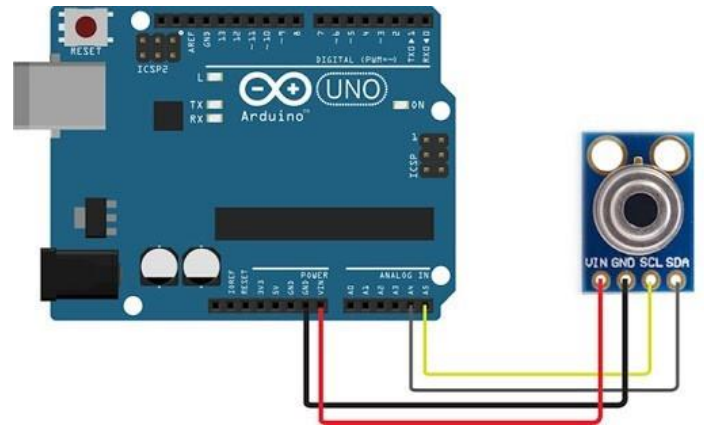
Para las conexiones de los sensores se deben conectar en los pines correctos del Arduino:

OXÍMETRO MAX 30102



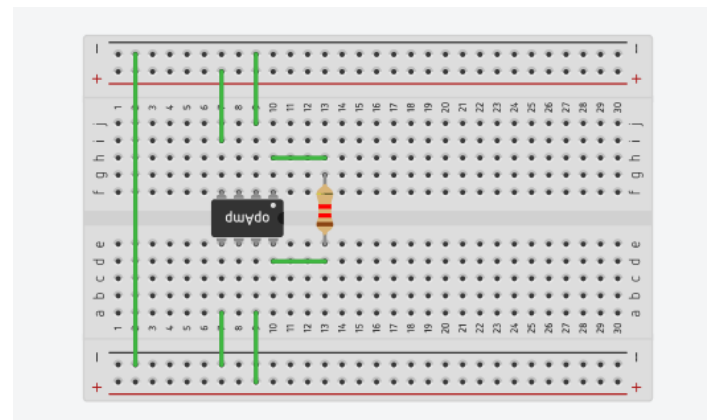
**Fig.9** Sensor que se utiliza para la medición de SpO2 simulado en Tinkercad.

SENSOR INFRARROJO MLX90614



**Fig.10** Termómetro infrarrojo con Arduino UNO te permite hacer mediciones de temperatura sin la necesidad de estar en contacto con la superficie.

INA114

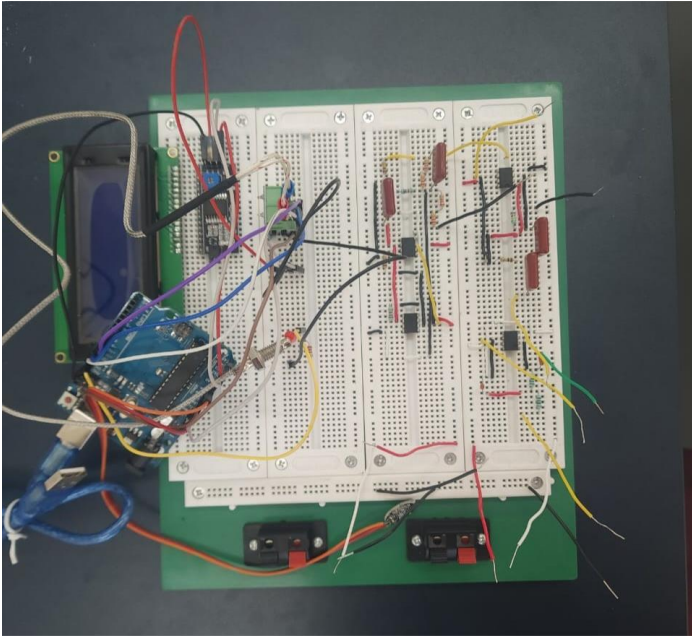


**Fig.11** Simulación de las conexiones del amplificador de señales.

Para la construcción del circuito fue necesario utilizar la siguiente fórmula para obtener la resistencia para la ganancia requerida, en este caso, de 150Ω.

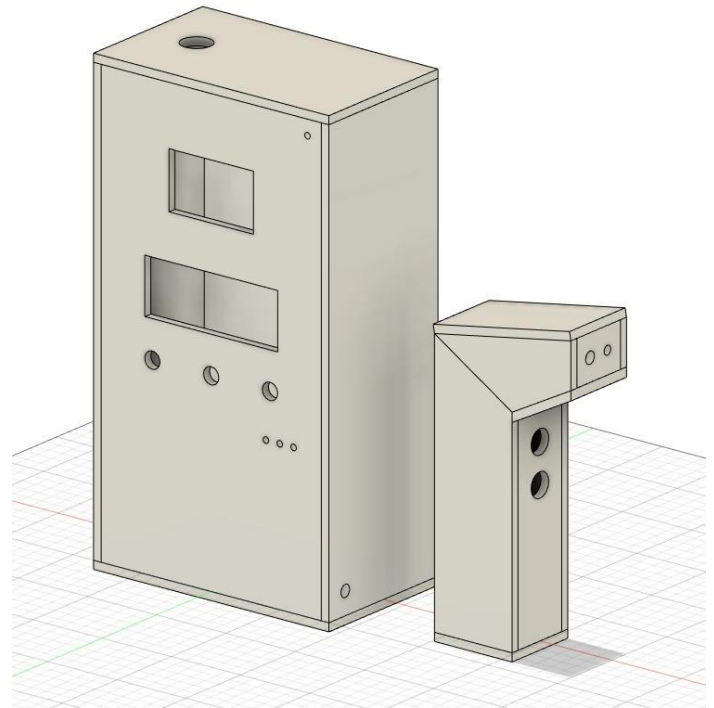
$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{330\Omega} = 152.5151515$$

En la figura que sigue se muestra el protoboard integrado con cada uno de los filtros y sensores que se utilizan:



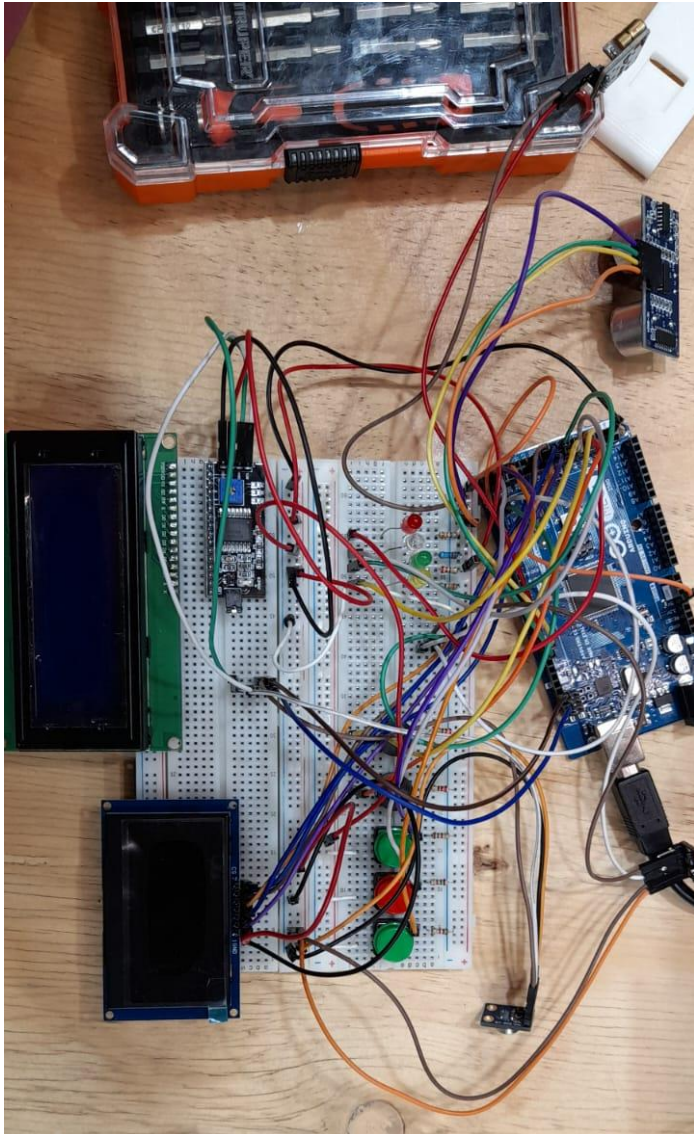
**Fig.12** Circuito integrado con los componentes de los filtros y el menú.

A continuación, se muestra un bosquejo del diseño del monitor y el termómetro tipo pistola:



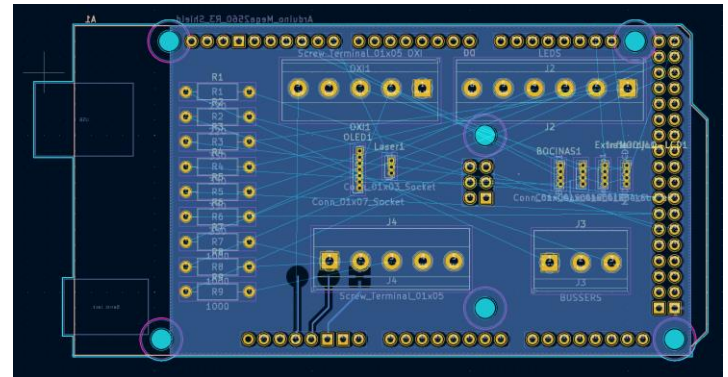
**Fig.13** Primer diseño de la carcasa de monitor de Signos Vitales.

MENÚ DEL MONITOR:

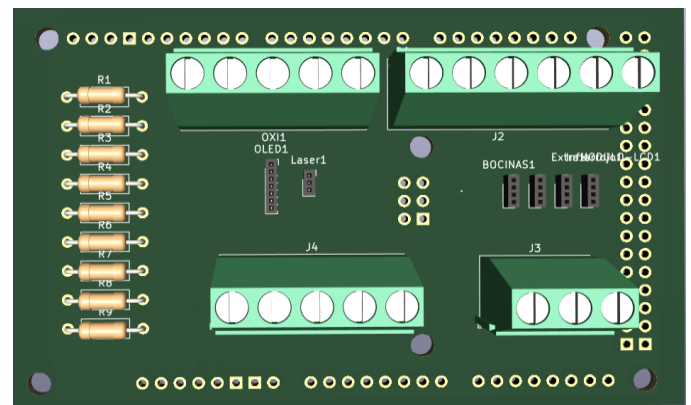


**Fig.14** Circuito integrado con los componentes del menú

Se utilizó el programa KICAD para realizar los diseños de las placas de circuito impreso del ECG y el menú del monitor.



**Fig.15** Placa del menú del monitor de signos vitales



**Fig.16** Diseño 3D de la placa de la Fig.15

## Resultados.

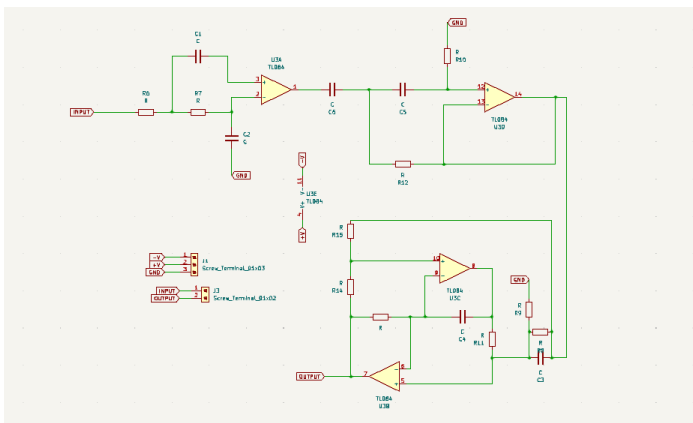
La tecnología ha mejorado en el desarrollo e implementación de dispositivos médicos innovadores, y esto es crucial para mejorar la atención que recibirá el paciente a futuro. En este proyecto, se decidió tomar el enfoque de crear un monitor de signos vitales portátil que ofrezca mediciones precisas y en tiempo real de parámetros básicos de la salud. En este apartado, se presentan los resultados obtenidos del arduo trabajo realizado por el equipo.

Los objetivos específicos planteados a inicios de este proyecto incluyen programar un código para el funcionamiento de los componentes utilizados, la construcción de un circuito funcional, investigaciones

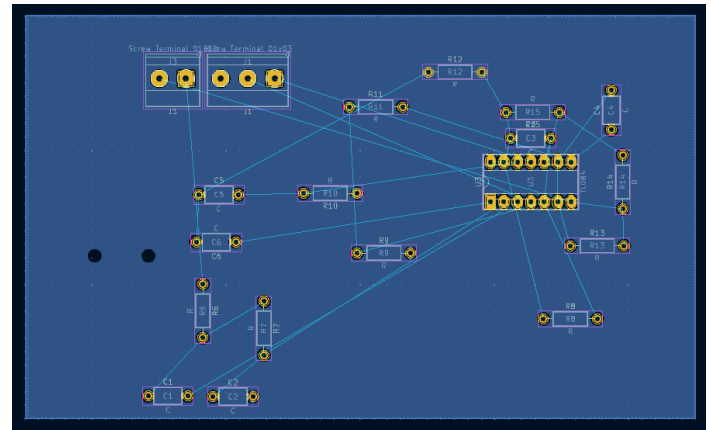
acerca de las normas aplicables, cotizaciones de los materiales, así como hacer un análisis de artículos científicos sobre de diseños, funcionamientos y técnicas. La información que se mostrará a continuación es una recopilación de los resultados finales obtenidos.

Con la programación del interfaz se tiene el menú para que el usuario seleccione los parámetros a medir, estos son: temperatura, SpO2, frecuencia cardiaca y ECG; también se cuenta con una serie de alertas audiovisuales al interactuar con los interruptores, y para ello se utilizaron buzzers y leds. Se obtiene la medición de la temperatura por medio del sensor infrarrojo, la SpO2 a través del OXI-MAX30102.

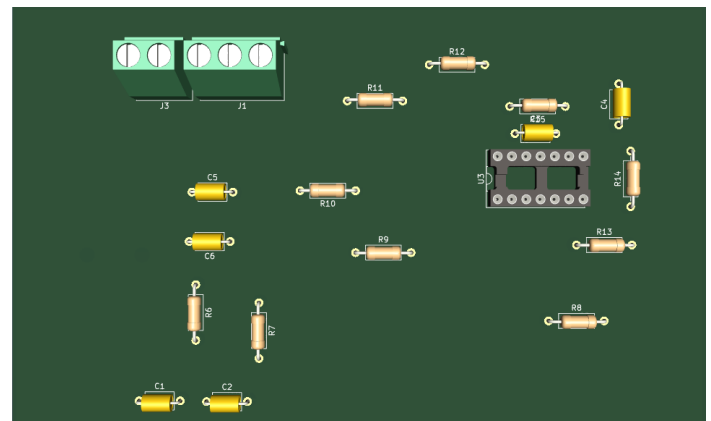
Para el filtrado de señal del ECG analógico se utilizó el TL-084 que es un amplificador operacional que integra cuatro TL-081, esto con la finalidad de que quede más compacto, se hizo uso del INA-126 para la amplificación de la señal.



**Fig.17** Esquemático del amplificador de señales de ECG.

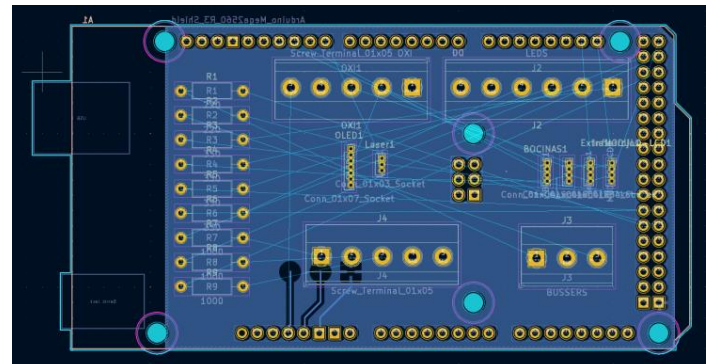


**Fig.18** Diseño de la placa del ECG.

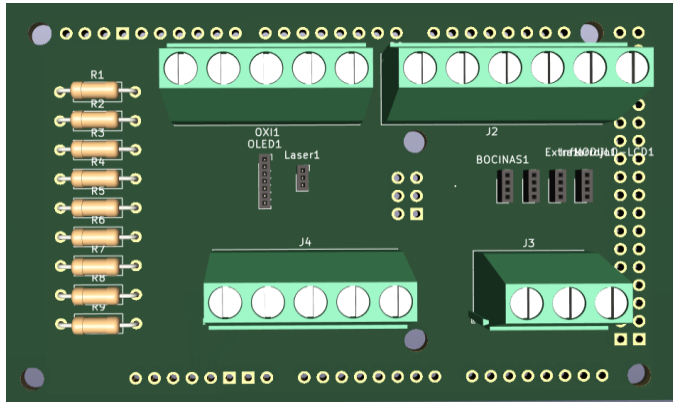


**Fig.19** Diseño de la placa del ECG en 3D.

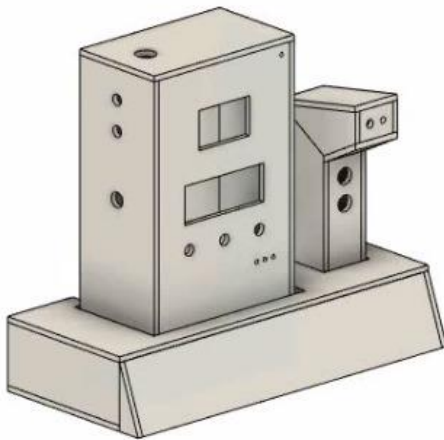
Las placas de los filtros y del menú se diseñaron en el programa KICAD para mejor manejo de debido al tamaño y que ofrece conexiones sin la necesidad de bastante cablería, así como hace reducción de ruidos externos, mejora y hace las señales más precisas.



**Fig.20** Diseño de la placa para las conexiones del menú con los sensores.



**Fig.21** Diseño del menú en 3D.



**Fig.22** Render del diseño final de la carcasa del monitor de signos vitales

### Conclusión.

En términos generales, el avance del prototipo del monitor de signos vitales hasta la fecha ha sido significativo, cumpliendo con éxito el objetivo principal establecido al inicio del proyecto, el cual constataba que se buscaba monitorizar los parámetros críticos.

Este logro refleja el compromiso y la dedicación del equipo en la materialización de un dispositivo funcional y eficiente.

Hasta el momento, se ha logrado la integración exitosa de un electrocardiograma analógico y sensores específicos para mediciones precisas, lo que constituye un hito importante en el desarrollo del monitor. Este avance sienta las bases para un dispositivo que, una vez finalizado, proporcionará información vital de manera confiable y efectiva.

Aunque se ha alcanzado el objetivo principal, es crucial señalar que el proyecto sigue en curso, con especial énfasis en la conclusión de los detalles finales. Esta fase crítica implica la optimización de componentes, la validación de la precisión de las mediciones y la finalización de aspectos técnicos para asegurar la fiabilidad del monitor en diversas condiciones.

La culminación de este proyecto no solo resalta el éxito de la planificación y ejecución hasta el momento, sino que también subraya el compromiso continuo del equipo con la excelencia y la finalización integral del monitor de signos vitales. Este avance representa no solo un logro técnico, sino un testimonio del potencial y la promesa que esta iniciativa lleva consigo en el ámbito de la ingeniería biomédica, y que refleja los aprendizajes obtenidos en el camino.

### Perspectivas.

En el horizonte de posibles mejoras y expansiones para nuestro monitor de signos vitales, se abren



diversas vías de desarrollo que podrían potenciar aún más su utilidad.

Entre las ideas a considerar para el futuro, destacan:

### **Implementación de Sistemas de Filtrado**

**Avanzados:** Explorar la integración de sistemas de filtrado de señales más complejos permitiría mejorar la precisión de las mediciones, optimizando así el rendimiento del electrocardiograma analógico y garantizando resultados más fiables.

**Desarrollo de Aplicaciones Móviles:** Considerar la creación de aplicaciones móviles dedicadas para la transmisión de datos desde el monitor ofrece la posibilidad de una monitorización remota en tiempo real. Esto no solo aumentaría la accesibilidad, sino que también permitiría a los usuarios realizar un seguimiento continuo de sus signos vitales.

**Ampliación de Parámetros Fisiológicos:** Explorar la inclusión de más parámetros, como la presión arterial no invasiva (PANI), ampliaría la capacidad del monitor para proporcionar un perfil más completo de la salud del usuario.

### **Conclusiones individuales.**

#### **Juan Pablo Meza:**

La realización del proyecto nos motivó a realizar una exhaustiva investigación acerca de cómo funcionan los monitores de signos vitales, si bien nuestras clases nos hablan y explican cada parte del proceso y de cómo funciona, no hay nada como armarlo y verlo por ti mismo en práctica.

La decisión de hacer un monitor ciertamente fue la más apropiada, pues a pesar de que no fuera el más sencillo, o el más complejo, nos dejó ver una parte de lo que es el desarrollo de aparatos como estos en la vida real.

Este conocimiento es vital para nuestras vidas profesionales, ya que sin importar el área en la que nos especialicemos, siempre será útil saber cómo se obtiene la información que al final solo vemos en la pantalla, para reparar y dar mantenimiento a este tipo de aparatos, o para desarrollar otros, es una experiencia que siempre nos será muy útil.

#### **Jesús Alejandro Sarao Sánchez:**

En conclusión, la creación del monitor de signos vitales ha representado un desafiante pero gratificante recorrido. A lo largo de este proyecto, nos encontramos con diversos obstáculos que, lejos de desalentarnos, se convirtieron en oportunidades valiosas para aprender y crecer.

Este dispositivo es el fruto de la integración de los conocimientos adquiridos en diversas áreas de la licenciatura en ingeniería biomédica, que jugaron un papel clave para su desarrollo.

El camino no fue sencillo, y cada reto supuso un esfuerzo adicional. No obstante, cada problema resuelto no solo nos acercó a la meta, sino que también fortaleció nuestra comprensión y habilidades. Este proyecto no solo es un hito técnico, sino un testimonio de la capacidad de aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.



### **Haydeé Alejandra Vázquez Guillén:**

Entrando al primer semestre de la carrera, no me imaginé la magnitud del proyecto que estaría realizando, no esperé tener las habilidades necesarias para crear un monitor de signos vitales, que sea funcional y pueda servir para tener en la casa. Pero después de todo el proceso que seguimos para lograr traer a la vida este monitor, me doy cuenta de que con práctica y esfuerzo se puede hacer mucho.

Considero que hubo varios fallos respecto a la organización que se tuvo respecto a los cambios que se realizaron de manera abrupta al final del ordinario, pues eso hizo que nos atrasáramos en varios aspectos resultando en mucho estrés y días largos en la universidad.

En general, fue una muy buena experiencia y me gustó lo que aprendí, esperaré que en el futuro este tipo de proyectos tengan una mejor organización para que el proceso se pueda disfrutar mucho más.

### **Aura Selene Garrido Villarreal:**

Este proyecto ha sido un enorme reto, debido a las demandas de cada uno de los profesores, contábamos con poco tiempo para poder realizar cada uno de estos requisitos y tener la oportunidad de hacer las entregas detalladas. Sin embargo, ha sido una experiencia enriquecedora de mucho aprendizaje en cuanto a organización y temas que abordaba el diseñar y crear un monitor de signos vitales. Aunque al principio no tenía mucho conocimiento de todo lo que se hablaba y de lo que se iba a necesitar, ahora tengo más conocimiento respecto a circuitos,

sensores y los tipos de monitores de signos vitales que se pueden encontrar en el mercado. En el futuro espero poder realizar un proyecto parecido y con mayor complejidad ya con mejor conocimiento para que poder disfrutar más el proceso.

### **Referencias.**

*¿Cuál es tu nivel normal de oxígeno? - Luis Martínez Riaza. (2020, 22 enero). Luis Martínez Riaza.*

<https://www.luismartinezriaza.es/blog/2020/01/22/-cual-es-tu-nivel-normal-de-oxigeno/>

*MONITORIZACIÓN DE CONSTANTES VITALES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. (2023, septiembre). NPunto.*

<https://www.npunto.es/revista/66/monitorizacion-de-constantes-vitales-en-la-unidad-de-cuidados-intensivos>

*Universitarios crean prototipo de guante para medir signos vitales. (2016, diciembre). Ingeniería Biomédica.*

<https://www.inqbiomedica.com/blog/quante-signos-vitales/>

*Monitor de paciente IntelliVue MX100/X3 Guía rápida. (2019, 14 mayo). Phillips. [https://www.philips.es/c-dam/b2bhc/master/Specialties/covid/x3\\_mx100\\_quick-guide.pdf](https://www.philips.es/c-dam/b2bhc/master/Specialties/covid/x3_mx100_quick-guide.pdf)*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización). (2019, 19 noviembre).*

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>



Guía Tecnológica No. 13: Monitor de Signos Vitales.  
(2005, enero). CENETEC.

[http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias\\_tecnologicas/13gt\\_monitores.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/13gt_monitores.pdf)

Del Valle Hernández, L. (2022, 13 enero).  
Termómetro infrarrojo con arduino MLX90614.  
Programarfacil Arduino y Home Assistant.  
<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-con-arduino-mlx90614/>

Electrocardiogram (ECG or EKG) - Mayo Clinic.  
(2022, 18 mayo). <https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/ekg/about/pac-20384983#:~:text=El%20electrocardiograma%20registra%20las%20se%C3%B1ales,controlar%20la%20salud%20del%20coraz%C3%B3n.>

Instructables. (2023, 5 junio). Guide to using  
MAX30102 heart rate and oxygen sensor with  
Arduino. Instructables.  
<https://www.instructables.com/Guide-to-Using-MAX30102-Heart-Rate-and-Oxygen-Sens/>

Notimex. (2017, 20 julio). Diseñan pulsera para  
rastrear signos vitales de pacientes. HoyTamaulipas.  
<https://www.hoytamaulipas.net/notas/304360/Disenian-pulsera-para-rastrear-signos-vitales-de-pacientes.html>