



Universidad Modelo

Escuela de Ingeniería

Ingeniería Biomédica

PROYECTO: ANALIZADOR DE DESFIBRILADOR

Asignatura: Diseño de Equipos Biomédicos

Ing. Alam Efren Chab Canul

Elaborado por:

Castro Menéndez Alejandro

Gorocica Vargas Mariajosé

Hernández Farah Jorge Luis

Morales Pérez Diego José

Zúñiga Capistrán Miguel Ángel

Mérida, Yucatán

27 de enero de 2026

8vo Semestre

Grupo A

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO TEÓRICO.....	5
DESARROLLO.....	16
RESULTADOS.....	16
CONCLUSIÓN.....	16
REPORTES.....	17
CLASE 1 ---- 27/01/2026. Investigación acerca de la información básica del proyecto.....	17
CLASE 2 ---- 29/01/2026. Presentación del proyecto, con división de tareas.....	28
CLASE 3 ---- 03/02/2026. Adelanto del entregable”Definición de especificaciones técnicas”...	29
CLASE 4 ---- 05/02/2026. Entregables de “Definición de especificaciones técnicas"y comienzo de búsqueda de materiales a utilizar	30
CLASE 5 ---- 12/02/2026. Entregables de “Análisis de Riesgos y Seguridad”	32
CLASE 6 ---- 19/02/2026. Elaboración de los entregables en CANVA.....	34
REFERENCIAS.....	35

INTRODUCCIÓN

La ingeniería biomédica representa la intersección crítica entre las ciencias de la vida y las disciplinas de ingeniería, donde el desarrollo de tecnología médica confiable no es solo un ejercicio académico, sino una responsabilidad ética con implicaciones directas en la preservación de la vida humana. En este contexto, el presente proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de un prototipo funcional de analizador de desfibriladores, dispositivo cuya importancia trasciende lo técnico para convertirse en un elemento fundamental dentro de los protocolos de seguridad hospitalaria y de respuesta a emergencias cardiovasculares.

Los eventos de paro cardiorrespiratorio constituyen una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades cardiovasculares representan aproximadamente el 32% de todas las muertes a nivel global, y de estas, una proporción significativa involucra arritmias ventriculares fatales que requieren desfibrilación inmediata (WHO, 2021). La efectividad de la intervención depende crucialmente de dos factores: la prontitud de la respuesta y la confiabilidad del equipo utilizado. Aquí radica la paradoja operativa de los desfibriladores: son dispositivos que pueden permanecer inactivos durante meses o incluso años, almacenados en gabinetes de pared, ambulancias o unidades de cuidados intensivos, pero que, en el momento crítico, deben activarse y funcionar con precisión absoluta en cuestión de segundos.

La American Heart Association (2020) ha cuantificado este imperativo temporal, estableciendo que cada minuto de retraso en la desfibrilación reduce la probabilidad de supervivencia entre un 7% y un 10%. Esta ventana de oportunidad extraordinariamente estrecha transforma la confiabilidad del equipo de una característica deseable a un requisito no negociable. Sin embargo, la naturaleza intermitente de su uso genera un desafío de mantenimiento único: ¿cómo garantizar que un equipo que raramente se utiliza funcionará perfectamente cuando sea necesario?

La respuesta a esta pregunta reside precisamente en los analizadores de desfibriladores. Estos sistemas especializados representan la herramienta de validación técnica que convierte la incertidumbre en certeza cuantificable. A diferencia de las inspecciones visuales o las pruebas funcionales básicas, los analizadores realizan mediciones precisas de parámetros eléctricos críticos, comparando el desempeño real del equipo contra las especificaciones establecidas por el fabricante y las normativas internacionales. Su

función es análoga a la de un equipo de diagnóstico médico, pero aplicado al dispositivo médico mismo: detectan desviaciones, identifican tendencias de degradación y proporcionan evidencia objetiva del estado funcional del equipo.

Desde la perspectiva formativa, el proyecto sintetiza conocimientos de diversas áreas curriculares: electrónica aplicada a sistemas de alta potencia, procesamiento digital de señales biomédicas, diseño de interfaces humano-máquina, gestión de proyectos de desarrollo tecnológico y, fundamentalmente, aplicación de normativas de seguridad para equipos médicos. Cada decisión de diseño debe equilibrar requisitos técnicos con consideraciones prácticas, económicas y de seguridad, replicando así los desafíos que enfrentarán los estudiantes en su futura práctica profesional.

Desde el punto de vista de la contribución institucional, el prototipo resultante tiene el potencial de convertirse en una herramienta educativa valiosa para futuras generaciones de estudiantes. Más allá de su funcionalidad inmediata, servirá como plataforma demostrativa de principios fundamentales de instrumentación médica, permitiendo visualizar y cuantificar fenómenos que normalmente ocurren en escalas de tiempo de milisegundos y con niveles de energía que requieren estrictos protocolos de seguridad. Su desarrollo también representa una oportunidad para establecer procedimientos documentados de validación y calibración, competencia esencial en la formación de ingenieros biomédicos.

Es crucial establecer desde este punto inicial las limitaciones éticas y operativas del proyecto. Este desarrollo se concibe y ejecutará exclusivamente como prototipo académico demostrativo. Nunca será utilizado para validar equipos clínicos reales, limitándose su operación a desfibriladores de entrenamiento debidamente identificados y en ambientes de laboratorio supervisados. Esta restricción, lejos de ser una limitación, constituye un ejercicio de responsabilidad profesional que refleja el rigor ético que debe caracterizar la práctica de la ingeniería biomédica.

El presente documento constituye la primera fase formal del proyecto: el establecimiento del marco teórico que fundamenta todas las decisiones técnicas posteriores. Este marco se estructura en tres pilares fundamentales: los principios científicos de la desfibrilación, el estudio de la normativa internacional aplicable y el análisis del estado del arte en analizadores comerciales. La integración de estos tres elementos proporcionará la base

sólida necesaria para avanzar hacia las etapas de diseño, implementación y validación que constituyen el núcleo del proyecto integrador.

MARCO TEÓRICO

El desfibrilador es un dispositivo médico esencial para el tratamiento de arritmias cardíacas potencialmente mortales, como la fibrilación ventricular y la taquicardia ventricular sin pulso (American Heart Association, 2020). Su función principal es aplicar un choque eléctrico controlado al corazón para restablecer el ritmo sinusal. Dada la criticidad de su operación en situaciones de emergencia, es imperativo garantizar su correcto funcionamiento mediante pruebas periódicas y calibraciones. En este contexto, el desarrollo de un analizador de desfibriladores se justifica como una herramienta fundamental para la evaluación técnica y la validación de los parámetros de seguridad y eficacia de estos equipos, de acuerdo con estándares internacionales y protocolos de ingeniería clínica.

Anatomía y fisiología

La fibrilación ventricular (FV) se produce cuando se interrumpe la transmisión normal del impulso cardíaco a través del sistema de conducción eléctrica del corazón. Esto puede ocurrir en el contexto de una isquemia coronaria o un infarto agudo de miocardio, la FV también puede ocurrir debido a interrupciones repentinas del impulso cardíaco por eventos como una descarga eléctrica, un golpe en el pecho (conmoción cardíaca), contracciones ventriculares prematuras, especialmente las de tipo “R sobre T”, rítmicos taquicárdicos anormales, como la taquicardia ventricular, y síndromes como la prolongación del intervalo QT.

La activación caótica y disrítmica de múltiples focos miocárdicos irritables en los ventrículos causa fibrilación ventricular, esto produce una pérdida de la contracción ventricular normal con el consiguiente cese del gasto cardíaco, el resultado clínico, es un paro cardíaco repentino.

Aunque la desfibrilación es el tratamiento más efectivo para la FV y la taquicardia ventricular sin pulso (TVSP), su éxito depende directamente de qué tan rápido se aplique, pues en caso de que la FV no se trate a tiempo, el corazón se deteriora rápidamente hasta

llegar a asistolia, una condición que práctica indica que ya no hay actividad eléctrica y las posibilidades de reanimación son muy bajas.

La reanimación cardiopulmonar (RCP) juega un papel fundamental mientras se dispone de un desfibrilador ya que el realizar RCP mantiene de forma temporal la circulación de sangre y el suministro de oxígeno al cerebro y a órganos vitales. Cuando se realiza bien, el RCP manual, que combina compresiones torácicas con respiraciones artificiales, puede llegar a proporcionar hasta un 33% de la función normal del corazón. Además, iniciar RCP de manera inmediata puede llegar a triplicar las probabilidades de supervivencia en casos de paro cardíaco repentino, por esto, es que la combinación de una correcta maniobra de RCP temprana y una desfibrilación rápida es la clave para salvar vidas.

El tratamiento definitivo para la FV o su equivalente, la TVSP, es la desfibrilación eléctrica, contrariamente a la creencia popular, la desfibrilación no reactiva el corazón, más bien, produce una despolarización casi simultánea de una masa crítica del miocardio, lo que provoca el cese momentáneo de toda actividad eléctrica. En circunstancias ideales, un punto viable dentro del sistema de conducción eléctrica intrínseco del corazón iniciará espontáneamente un impulso eléctrico que puede restablecer la propagación normal del ciclo cardíaco, con la consiguiente restauración de la contracción ventricular y, por consiguiente, del pulso.

Fundamentos de la desfibrilación

La desfibrilación constituye una intervención electroterapéutica crítica basada en la aplicación controlada de un campo eléctrico de alta intensidad a través del miocardio, destinada a terminar arritmias ventriculares malignas como la fibrilación ventricular (FV) y la taquicardia ventricular sin pulso (TVsp). El fundamento biofísico reside en la despolarización sincronizada de una masa crítica de tejido cardíaco, lo que elimina los múltiples circuitos de reentrada y permite la recuperación de la actividad eléctrica organizada bajo el control del sistema de conducción intrínseco (European Resuscitation Council, 2023).

Desde la perspectiva de la ingeniería clínica, el proceso se rige por la relación energía-impedancia-corriente, donde la corriente es el parámetro fisiológicamente determinante. La forma de onda bifásica truncada exponencial se mantiene como estándar,

optimizando la eficiencia de la desfibrilación al minimizar la energía total requerida y reducir el riesgo de disfunción miocárdica post-descarga (Kroll & Efimov, 2023).

Estándares médicos IEC 60601-1

La serie IEC 60601 es un estándar reconocido internacionalmente para la seguridad y el rendimiento esencial de los equipos eléctricos médicos. La norma IEC 60601-1 es la norma fundamental para la seguridad y el rendimiento esencial de los equipos electromédicos. Establece los requisitos básicos para los dispositivos médicos eléctricos a fin de garantizar que no representen ningún riesgo para los pacientes, los usuarios ni el medio ambiente durante su uso normal o en condiciones anormales. La norma abarca los requisitos generales de seguridad para equipos eléctricos, incluyendo los riesgos mecánicos y eléctricos, y los requisitos para la funcionalidad general del dispositivo.

Revisión de analizadores comerciales (Fluke, BC group, Xing medical)

A continuación se presenta una tabla comparativa de los analizadores de desfibrilador que existen en el mercado actualmente con diversos aspectos a considerar:

	Fluke (Impulse 7000DP)	BC group (DA-2006P)	Xing medical
Tipo de uso	Analizador profesional de desfibriladores para mantenimiento biomédico y calibración hospitalaria	Analizador multiparámetro para pruebas completas de desfibriladores y equipos clínicos. Uso hospitalario y técnico biomédico.	Analizador funcional básico para desfibriladores. Ideal para clínicas pequeñas, técnicos en formación y pruebas rápidas de campo.
Precio	Aproximadamente \$180,000-220,000 MXN	Aproximadamente \$140,000 – \$180,000 MXN	Aproximadamente \$60,000 – \$90,000 MXN
Funciones principales	-Análisis completo de parámetros eléctricos y energía de descarga. -Verificación detallada de forma de onda y tiempo de carga.	-Medición de energía, voltaje y corriente de descarga. -Evaluación de sincronización ECG. -Compatible con desfibriladores	- Medición básica de energía de descarga y funcionalidad principal. - Indicadores simples para pruebas rápidas. - Diseño ligero y

	-Modo de pruebas automáticas y manuales. -Registro y almacenamiento de datos para informes.	monofásicos y bifásicos. -Generación de reportes básicos.	fácil de transportar.
Ventajas	-Alta precisión -Muy confiable, -Software profesional integrado para análisis y reporte -Cumple normas y auditorías	-Muy buena precisión técnica a menor precio que Fluke. -Multiparámetro integrado, útil para varios equipos biomédicos. -Interfaz fácil de usar y confiable. -Balance entre funciones y costo, ideal para clínicas grandes y servicios técnicos.	-Precio accesible para presupuestos limitados. -Fácil aprendizaje y uso rápido incluso sin mucha experiencia. -Portátil y ligero, útil para técnicos que se mueven a distintos centros. -Perfecto para pruebas rutinarias sin datos complejos.
Contras	Precio muy elevado, requiere entrenamiento para su uso avanzado.	-Menos funciones avanzadas comparado con Fluke. -El software de reporte no es tan robusto como el de Fluke.	-Funcionalidad limitada: no sirve para análisis profundos. -No genera reportes avanzados ni históricos de medición. -Menor precisión en condiciones complejas.

Rangos de medición para cada parámetro.

ESPECIFICACIONES GENERALES

Temperatura de funcionamiento

- 10 °C a 40 °C (50 °F a 104 °F).

Temperatura de almacenamiento

- -20 °C a 60 °C (-4 °F a 140 °F).

Humedad

- 10% a 90% sin condensación.

Pantalla

- Pantalla LCD.

Comunicaciones

- Puerto de dispositivo USB para control por computadora.

Modos de funcionamiento

- Manual y remoto.

Potencia

- Paquete de batería interna recargable NiMH para nueve horas de funcionamiento (en general) después de carga total; el cargador de batería también puede hacer funcionar el analizador y cargar la batería en forma simultánea.

Cargador de batería

- Entrada de 100 V a 240 V, salida de 15 V/1,5 A. Para un mejor rendimiento, el cargador de batería debe conectarse a un receptáculo de CA correctamente conectado a tierra.

Caja

- Carcasa de plástico de ABS.

Dimensiones

- (ancho x profundidad x altura) 32 cm x 24 cm x 13 cm (13 pulgadas x 9,5 pulgadas x 5 pulgadas).

Peso

- 3,02 kg (6,6 libras, 0,1 onzas).

Normas de seguridad

- CE: IEC/EN61010-1 2° edición; grado de contaminación 2. CAN/CSA-C22.2 No 61010-1; UL61010-1. C-Tick: EMC australiana.

Normas de compatibilidad electromagnética (EMC)

- EMC europea: EN61326-1.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANALIZADOR DE DESFIBRILADORES Y PRECISIONES REQUERIDAS

Medición de la salida de energía: Formas de onda de desfibrilador compatibles Lown, Edmark, trapezoidal, bifásica de CC y bifásica pulsada de CA.

Nota: La forma de onda bifásica pulsada de CA no está aprobada en Estados Unidos.

Medición de intervalo automático 0,1 J a 600 J.

Precisión 0,1 J a 360 J: $\pm (1\% \text{ de la lectura} + 0,1 \text{ J})$. 360 J a 600 J: $\pm (1\% \text{ de la lectura} + 0,1 \text{ J})$, típico.

Nota: En el caso del desfibrilador bifásico pulsado, la precisión especificada es de $\pm (1,5\% \text{ de lectura} + 0,3 \text{ J})$ en ambos intervalos.

Resistencia de carga- Resistencia: 50 Ω . Precisión: $\pm 1\%$, no inductiva ($< 2 \mu\text{H}$).

Nivel de disparo del impulso 20 V.

Ancho del impulso

- Intervalo: 1 ms a 50 ms.
- Precisión: $\pm 0,1 \text{ ms}$.

Voltaje

- Intervalo: 20 V a 5000 V.
- Precisión: $\pm (1\% \text{ de la lectura} + 2 \text{ V})$.

Corriente

- Intervalo: 0,4 A a 100 A.
- Precisión: $\pm (1\% \text{ de la lectura} + 0,1 \text{ A})$.

Inclinación (bifásica y bifásica pulsada)

- Intervalo: 1% a 99%.
- Precisión: ± 1 dígito.

Retardo de la interfaz (bifásica y bifásica pulsada)

- Intervalo: 0,1 ms a 9,9 ms.
- Precisión: $\pm 0,1$ ms.

Frecuencia (bifásica pulsada únicamente)

- Intervalo: 2000 Hz a 8000 Hz.
- Precisión: $\pm 1\%$ de la lectura.

Ciclo de trabajo (bifásica pulsada únicamente)

- Intervalo: 1% a 99%.
- Precisión: ± 1 dígito.

Frecuencia de muestreo

- 250 kHz (muestra de 4 μ s).

Potencia máxima promedio

- 12 vatios, equivalente a 10 impulsos de desfibrilador de 360 J cada 5 minutos.

Salida de osciloscopio

- Intervalo automático: 2000:1, 400:1 y 80:1 según el intervalo.

Reproducción de forma de onda

- Salida: BNC.
- Impedancia de salida: 50 Ω .

- Precisión de amplitud: $\pm 5\%$.

Medición de tiempo de carga

- Intervalo: 0,1 s a 100 s.
- Precisión: $\pm 0,05$ s, típico.

Prueba de sincronización (cardioversión opcional) Medición del tiempo de retardo

- Margen de tiempo: Pico de onda R de ECG con respecto al pico del impulso del desfibrilador.
- Intervalo: -120 ms a 380 ms; mide el tiempo a partir de los 120 ms anteriores al pico de onda R hasta 380 ms después del pico de onda R.
- Resolución: 1 ms.
- Precisión: ± 1 ms. Ondas del ECG
- Ritmo sinusal normal (NSR): de 10 BPM a 180 BPM en pasos de 1 BPM.

Interfaces de usuario necesarias.

1- Interfaz visual

- Visualización de
- Energía entregada (J)
- Forma de onda del pulso
- Voltaje pico y tiempo de descarga
- Estado de la prueba (correcto/error)
- Indicadores visuales de advertencia o falla

2- Interfaz de control

- Botones físicos o táctiles para:
- Iniciar pruebas
- Seleccionar rangos de energía
- Navegar por menús
- Reiniciar mediciones
- Diseño intuitivo para minimizar errores humanos

3- Interfaz de conexión

- Conectores para palas o electrodos del desfibrilador
- Puertos de comunicación: Usb - bluetooth o Wi-Fi
- Permite transferencia de datos a una computadora o sistema hospitalario

4- Interfaz de retroalimentación

- Indicadores LED
- Alertas sonoras
- Señales claras cuando:
- La descarga es segura
- La medición terminó
- Se detecta una falla

5- Interfaz de software

- Selección de tipo de desfibrilador
- Gestión de pruebas automáticas
- Almacenamiento y reporte de datos

Protocolos de seguridad eléctrica

Dada la naturaleza del proyecto, que implica el diseño de un equipo destinado a medir y analizar descargas eléctricas de alto voltaje (hasta 5,000 V) y alta energía (hasta 600 J), la seguridad eléctrica constituye el pilar fundamental de todo el desarrollo. Los protocolos de seguridad no son meras recomendaciones, sino requisitos de diseño imperativos que deben integrarse desde la fase conceptual para mitigar los riesgos asociados a descargas eléctricas, arcos voltaicos y fallas catastróficas.

El marco normativo que rige estos protocolos es la norma internacional IEC 60601-1, la cual establece los requisitos generales para la seguridad básica y el desempeño esencial de los equipos electromédicos. Para un analizador de desfibriladores, que estará en contacto directo con las palas del equipo bajo prueba, se debe prestar especial atención a los requisitos para "partes aplicadas" (application parts). Dado que el analizador simula una carga biológica, su interfaz de conexión debe diseñarse con un nivel de aislamiento que evite cualquier corriente de fuga peligrosa hacia el operador.

Un protocolo de seguridad crítico es el control de las corrientes de fuga (leakage current). Según la IEC 60601-1, los límites son estrictos y varían según el tipo de contacto. Dado que nuestro analizador no tendrá contacto directo con el paciente, sino con el desfibrilador, debe cumplir con estándares de Tipo B o BF. En condiciones normales, la corriente de fuga permitida no debe exceder los 100 μA , y en condición de primera falla (single fault condition), no debe superar los 500 μA . Estos valores garantizan que, incluso en un escenario de fallo, el operador no esté expuesto a una corriente eléctrica peligrosa.

Además, se deben implementar protocolos de verificación del aislamiento galvánico. Esto implica asegurar que los circuitos de medición de baja tensión (microcontrolador, pantalla) estén completamente aislados de la entrada de alto voltaje proveniente del desfibrilador. Para ello, se utilizarán barreras de aislamiento que cumplan con los requisitos de 2 Medios de Protección para el Paciente (2 x MOPP), lo que en la práctica se traduce en distancias de fuga (creepage) superiores a 8 mm y una rigidez dieléctrica capaz de soportar tensiones de prueba de 4,000 VAC.

Protecciones necesarias para alto voltaje

La interacción con un desfibrilador expone al analizador a pulsos de energía muy elevados. Por lo tanto, el diseño debe incorporar protecciones activas y pasivas robustas para garantizar la integridad del dispositivo y la seguridad del usuario.

La primera línea de defensa es el subsistema de carga biológica simulada. Este debe consistir en una resistencia de carga de precisión de 50 Ω , no inductiva ($< 2 \mu\text{H}$) y con una capacidad de disipación de potencia promedio de al menos 12 vatios, capaz de soportar picos de energía de 360 J cada 5 minutos, según las especificaciones de referencia. Esta resistencia es el componente que recibe directamente la descarga, y su correcta especificación evita sobrecalentamientos y posibles incendios.

Para proteger las etapas de medición electrónica sensibles, se deben incluir las siguientes protecciones:

1. Descargadores de gas (GDT) o varistores (MOV): Colocados en la entrada, limitan los picos de voltaje que podrían exceder los márgenes de seguridad de los circuitos de acondicionamiento de señal.

2. Aislamiento galvánico reforzado: Uso de amplificadores de aislamiento y convertidores DC-DC con muy baja capacitación de acoplamiento en las etapas de alimentación de los sensores. Esto no solo protege los circuitos, sino que también minimiza las corrientes de fuga. Los convertidores con certificación médica ofrecen un aislamiento de 1 x MOPP o 2 x MOPP, con corrientes de fuga en el rango de los microamperios .
3. Protección contra cortocircuitos y sobrecargas: El diseño del banco de resistencias de carga debe incluir sistemas de conmutación (relés o contactores) con la suficiente capacidad de ruptura para evitar la soldadura de contactos en caso de una descarga inesperada mientras se cambia la impedancia.

Procedimientos de operación segura

El uso del analizador de desfibrilador, incluso en un entorno de laboratorio académico, debe regirse por procedimientos de operación estandarizados para prevenir accidentes. Estos procedimientos se derivan de las buenas prácticas de ingeniería clínica y de los manuales de operación de equipos comerciales .

Antes de la prueba (Preparación):

- Inspección visual: Verificar que el analizador no tenga daños visibles en su carcasa, conectores o cables. Asegurarse de que el desfibrilador bajo prueba sea un equipo de entrenamiento (debidamente etiquetado) y que sus palas, cables y carcasa no presenten grietas o desgaste .
- Conexión a tierra: Si el analizador o el desfibrilador lo requieren (Clase I), deben estar conectados a una toma de corriente con conexión a tierra de protección verificada .
- Área de trabajo: Establecer un perímetro de seguridad alrededor de la mesa de pruebas. Asegurarse de que la superficie sea no conductora y esté seca. Retirar objetos metálicos innecesarios.

Durante la prueba (Ejecución):

- Posición de las manos: El operador debe sujetar firmemente las palas del desfibrilador por sus mangos aislados y presionarlas firmemente contra las placas de contacto del analizador. Esta presión evita la formación de arcos voltaicos (arcing) que podrían causar lesiones al operador o dañar los equipos .

- Zona despejada: Antes de activar la carga y la descarga del desfibrilador, el operador debe anunciar verbalmente la maniobra ("¡Cargando!") y verificar visualmente que ninguna persona esté en contacto con el analizador, los cables o las palas.
- Prohibición de contacto: Nunca tocar las superficies metálicas de las palas del desfibrilador ni las placas de conexión del analizador durante una prueba. No utilizar pastas o geles conductores para mejorar el contacto, ya que no son necesarios y pueden alterar la medición o crear rutas de fuga .
- Disparo: Una vez confirmada la zona segura, presionar y mantener presionado el botón de descarga del desfibrilador hasta que la energía sea liberada completamente.

Después de la prueba (Finalización):

- Descarga de capacitores: Verificar que el desfibrilador indique que ha disipado su energía interna. El analizador también debe contar con circuitos de descarga automática para sus capacitores internos.
- Manejo de datos: Documentar los resultados de la medición. Si se utiliza puerto USB, asegurar una conexión y desconexión seguras para evitar daños en los puertos.
- Mantenimiento: Limpiar las placas de contacto del analizador con un paño suave y seco. Almacenar el equipo en un lugar limpio y seco, dentro de su carcasa protectora.

DESARROLLO

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

REPORTES

CLASE 1 — 27/01/2026. Investigación acerca de la información básica del proyecto.

SECCIÓN DE DESFIBRILADOR

Los desfibriladores son dispositivos médicos que envían una corriente o descarga eléctrica al corazón para restaurar el latido normal. Si el pulso del corazón se detiene debido a un paro cardíaco, también llamado paro cardíaco súbito o repentino, un desfibrilador puede ayudar a que el corazón empiece a latir de nuevo. Un paro cardíaco súbito es mortal a menos que se trate de inmediato con reanimación cardiopulmonar (RCP) y un desfibrilador. Estos equipos pueden reducir el riesgo de muerte súbita en personas con una arritmia conocida o con alto riesgo de padecer una arritmia potencialmente mortal por causas como enfermedades genéticas, insuficiencia cardíaca (en inglés) o un paro cardíaco previo.

La desfibrilación es una intervención crucial para el tratamiento de arritmias cardíacas potencialmente mortales, consiste en administrar una corriente eléctrica transtorácica a un paciente que presenta una de dos arritmias ventriculares potencialmente mortales; FV (fibrilación ventricular) o taquicardia ventricular (TV) sin pulso. Ambas afecciones se tratan de forma idéntica según las directrices de Soporte Vital Cardíaco Avanzado (SVCA/ACLS). El tratamiento definitivo para la FV es la desfibrilación eléctrica, que es más eficaz cuando se realiza inmediatamente después de su inicio, es importante mencionar que la tasa de éxito del tratamiento por desfibrilación disminuye caso un 10% por cada minuto de retraso.

Las tasas de supervivencia de los pacientes adultos que sufren un paro cardíaco no traumático y reciben reanimación en servicios médicos de emergencia son bajas, ya que solo el 10.8% sobrevive para recibir el alta hospitalaria. En contraste, los pacientes con paro cardíaco intrahospitalario tienen una tasa de supervivencia de hasta el 25.5%, debido principalmente a que la desfibrilación se realiza más cerca del inicio de la fibrilación ventricular (FV). (Wang PL, Brooks SC. Compresiones torácicas mecánicas versus manuales para el paro cardíaco.). (Pacheco RL, Trevizo J, Souza CA, Alves G, Sakaya B, Thiago L, Góis AFT, Riera R. ¿Qué dicen las revisiones sistemáticas Cochrane sobre el manejo del paro cardíaco?).

Anatomía y fisiología

La fibrilación ventricular (FV) se produce cuando se interrumpe la transmisión normal del impulso cardíaco a través del sistema de conducción eléctrica del corazón. Esto puede ocurrir en el contexto de una isquemia coronaria o un infarto agudo de miocardio, la FV también puede ocurrir debido a interrupciones repentinas del impulso cardíaco por eventos como una descarga eléctrica, un golpe en el pecho (conmoción cardíaca), contracciones ventriculares prematuras, especialmente las de tipo “R sobre T”, rítmicos taquicárdicos anormales, como la taquicardia ventricular, y síndromes como la prolongación del intervalo QT.

La activación caótica y disrítmica de múltiples focos miocárdicos irritables en los ventrículos causa fibrilación ventricular, esto produce una pérdida de la contracción ventricular normal con el consiguiente cese del gasto cardíaco, el resultado clínico, es un paro cardíaco repentino.

Aunque la desfibrilación es el tratamiento más efectivo para la FV y la taquicardia ventricular sin pulso (TVSP), su éxito depende directamente de qué tan rápido se aplique, pues en caso de que la FV no se trate a tiempo, el corazón se deteriora rápidamente hasta llegar a asistolia, una condición que práctica indica que ya no hay actividad eléctrica y las posibilidades de reanimación son muy bajas.

La reanimación cardiopulmonar (RCP) juega un papel fundamental mientras se dispone de un desfibrilador ya que el realizar RCP mantiene de forma temporal la circulación de sangre y el suministro de oxígeno al cerebro y a órganos vitales. Cuando se realiza bien, el RCP manual, que combina compresiones torácicas con respiraciones artificiales, puede llegar a proporcionar hasta un 33% de la función normal del corazón. Además, iniciar RCP de manera inmediata puede llegar a triplicar las probabilidades de supervivencia en casos de paro cardíaco repentino, por esto, es que la combinación de una correcta maniobra de RCP temprana y una desfibrilación rápida es la clave para salvar vidas.

El tratamiento definitivo para la FV o su equivalente, la TVSP, es la desfibrilación eléctrica, contrariamente a la creencia popular, la desfibrilación no reactiva el corazón, más bien, produce una despolarización casi simultánea de una masa crítica del miocardio, lo que provoca el cese momentáneo de toda actividad eléctrica. En circunstancias ideales, un punto

viable dentro del sistema de conducción eléctrica intrínseco del corazón iniciará espontáneamente un impulso eléctrico que puede restablecer la propagación normal del ciclo cardíaco, con la consiguiente restauración de la contracción ventricular y, por consiguiente, del pulso. (Goyal A, Sciammarella JC, Chhabra L, Singhal M. StatPearls. Cardioversión eléctrica sincronizada.). (Srinivasan, N. T., & Schilling, R. J. (2018). Sudden Cardiac Death and Arrhythmias. *Arrhythmia & electrophysiology review*, 7(2), 111–117. <https://doi.org/10.15420/aer.2018:15:2>)

Niveles de joules en Adultos

El desfibrilador bifásico la recomendación inicial típica es entre 120 y 200 joules, siendo 150J o 200 J los valores estándar de funcionamiento, pudiendo escalar en descargas subsecuentes.

En el desfibrilador monofásico se utilizan 360 joules para todas las descargas.

La cardioversión se inicia del nivel más bajo, usualmente entre 50-100 joules.

Niveles de joules Pediátricos

La dosis inicial serían 2 joules por kilogramo del paciente

La dosis subsecuentes si no hay éxito se incrementa a 4 joules por kilogramo

Para la DEA pediátrica se suele suministrar una descarga fija más baja, generalmente 50 joules

Niveles en desfibrilador automático implantable (DAI/ICD)

Los analizadores también verifican estos dispositivos, que suelen suministrar descargas de alta energía interna mucho menores que un DEA externo, típicamente 30-40 joules

SECCIÓN DE ANALIZADOR DE DESFIBRILADOR

Un analizador de desfibrilador representa un sistema de validación técnica especializado que opera bajo un principio fundamental: verificar empíricamente que un dispositivo crítico para la reanimación cardíaca cumpla con sus especificaciones operativas. Este equipo no constituye un simple probador, sino un instrumento de calibración y diagnóstico avanzado que genera evidencia cuantitativa sobre el desempeño del desfibrilador. Particularmente los modelos externos automáticos (DEA) y manuales, enfrentan una paradoja operativa. Su diseño exige que funcionen con fiabilidad absoluta durante eventos de emergencia, pero paradójicamente pueden permanecer inactivos durante períodos prolongados (meses o años)

en gabinetes de pared o ambulancias. Esta inactividad prolongada genera incertidumbre sobre su estado funcional real.

La falla de un desfibrilador durante una emergencia no se manifiesta como un problema gradual, sino como una discontinuidad catastrófica en su operación. Un capacitor con fuga eléctrica, una batería con celdas degradadas o un circuito de disparo con componentes desgastados pueden parecer funcionales durante chequeos básicos, pero fallaron precisamente en el momento de administrar la descarga terapéutica.

Arquitectura Funcional del Analizador

El analizador implementa una metodología de prueba estructurada que evalúa múltiples dimensiones del desempeño del desfibrilador:

Subsistema de Medición Energética: Implementa algoritmos de integración numérica para calcular la energía real entregada (Joules) mediante muestreo simultáneo de voltaje y corriente a alta frecuencia (≥ 1 MHz). Esta medición contrasta la energía programada en el desfibrilador versus la energía realmente administrada, identificando discrepancias que podrían indicar fallas en los circuitos de almacenamiento o entrega de energía.

Subsistema de Análisis de Formas de Onda: Utiliza procesamiento digital de señales para caracterizar la morfología del pulso de desfibrilación. Evalúa parámetros como:

- Simetría en pulsos bifásicos
- Tiempos de subida y bajada (slew rate)
- Ausencia de oscilaciones parásitas
- Conformidad con perfiles estándar (exponencial truncada, rectilínea)

Simulador de Carga Biológica: Emplea bancos de resistencias de precisión (típicamente 50, 75, 100, 150 Ω) que simulan la impedancia transtorácica humana. Este subsistema permite verificar que el desfibrilador ajuste automáticamente sus parámetros de salida según la carga detectada, una función crítica para la eficacia clínica.

Sistema de Validación de Sincronización: Para modos de cardioversión, el analizador verifica que la descarga se sincronice correctamente con la señal de ECG simulada, evitando disparos durante la fase vulnerable del ciclo cardíaco (intervalo T).

Importancia Clínica de las Mediciones: Cada parámetro medido tiene implicaciones terapéuticas directas:

- **Energía subóptima:** Una descarga insuficiente no logrará despolarizar la masa crítica de miocardio, resultando en desfibrilación fallida. Un exceso de energía aumenta el riesgo de daño miocárdico y disfunción post-descarga.
- **Forma de onda inadecuada:** Las características específicas de la onda (duración, pendiente, configuración bifásica) afectan la eficiencia energética y la probabilidad de éxito. Desviaciones pueden indicar fallas en circuitos de conmutación o componentes pasivos degradados.
- **Tiempo de carga prolongado:** En emergencias, segundos adicionales en la carga del capacitor pueden afectar significativamente el pronóstico del paciente.

Protocolo de Validación Integral: El analizador implementa un flujo de prueba secuencial:

1. **Pruebas de seguridad:** Verificación de aislamiento eléctrico, corrientes de fuga y protecciones.
2. **Calibración de sensores:** Ajuste de ganancias y offsets utilizando patrones de referencia.
3. **Pruebas funcionales:** Evaluación de todas las funciones operativas del desfibrilador.
4. **Pruebas de estrés:** Operación en condiciones límite (batería baja, extremos de temperatura simulados).
5. **Validación de algoritmos:** Comprobación de la detección automática de ritmos y toma de decisiones.

PLAN DE DESARROLLO DEL ANALIZADOR DE DESFIBRILADOR

ETAPA 1: INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

1.1 Investigación Teórica

- Fundamentos de la desfibrilación
- Estándares médicos IEC 60601-1 y IEC 60601-2-4
- Revisión de analizadores comerciales (Fluke, Pronk, Metron)

1.2 Definición de Especificaciones Técnicas

- Rangos de medición para cada parámetro
- Precisión y resolución requeridas
- Interfaces de usuario necesarias

1.3

- Protocolos de seguridad eléctrica
- Protecciones necesarias para alto voltaje
- Procedimientos de operación segura

ETAPA 2: DISEÑO CONCEPTUAL Y ESPECIFICACIONES

2.1 Arquitectura del Sistema

- Diagrama de bloques general
- Definición de subsistemas principales
- Interconexiones y flujos de datos

2.2 Diseño de Circuitos de Medición

- RESISTENCIA DE CARGA
- Sensor de corriente (Hall effect o shunt)

- Circuitos de acondicionamiento de señal

2.3 Diseño de Simulador de Carga

- Banco de resistencias (50, 75, 100, 150, 200 Ω)
- Sistema de conmutación de impedancias
- Disipación térmica de alta potencia (RESISTENCIA DE CARGA)

2.4 Especificación de Hardware (HASTA AQUI LLEGA PARCIAL 1)

- Selección de microcontrolador/ADC
- Componentes de potencia y protección
- Interfaz de usuario (pantalla, botones)

ETAPA 3: DISEÑO DETALLADO Y SIMULACIÓN

3.1 Diseño Electrónico Detallado

- Esquemáticos completos en KiCad/Eagle
- Layout de PCB de doble capa
- Simulación de circuitos en LTspice

3.2 Diseño de Software

- Arquitectura del firmware
- Algoritmos de procesamiento de señales
- Interfaz gráfica de usuario (PC o embebida)

3.3 Diseño Mecánico

- Carcasa y estructura de soporte
- Conectores y accesos
- Disipadores térmicos y ventilación

3.4 Modelado Matemático

- Simulación de formas de onda en MATLAB/Python
- Análisis de error e incertidumbre
- Validación de algoritmos de cálculo

ETAPA 4: PROTOTIPADO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 Construcción de Prototipos Parciales

- Circuitos de medición en protoboard
- Subsistema de carga resistiva
- Interfaz de control básica

4.2 Fabricación de PCB

- Manufactura de tarjetas de circuito
- Soldadura de componentes SMD y THT
- Pruebas de continuidad y cortocircuitos

4.3 Desarrollo de Firmware

- Programación del microcontrolador
- Rutinas de adquisición de datos
- Comunicación serial con PC

4.4 Desarrollo de Software de Aplicación

- Interfaz gráfica en Python/Java
- Base de datos para almacenamiento
- Generación de reportes

4.5 Integración Mecánica

- Ensamblaje de componentes en carcasa
- Cableado y conexiones seguras
- Etiquetado y señalización

ETAPA 5: PRUEBAS Y CALIBRACIÓN

5.1 Pruebas Unitarias

- Verificación de circuitos individuales
- Calibración de sensores
- Pruebas de aislamiento eléctrico

5.2 Pruebas de Integración

- Comunicación entre subsistemas
- Pruebas de medición con señales simuladas
- Validación de algoritmos de cálculo

5.3 Pruebas de Seguridad

- Verificación de protecciones
- Pruebas de sobrecarga y cortocircuito
- Aislamiento galvánico completo

5.4 Calibración del Sistema

- Comparación con instrumentos de referencia
- Determinación de incertidumbre de medición
- Ajuste de parámetros de calibración

ETAPA 6: PRUEBAS CON EQUIPO REAL

6.1 Preparación de Ambiente de Prueba

- Configuración de laboratorio seguro
- Protocolos de operación con supervisión
- Equipos de protección personal

6.2 Pruebas con Desfibrilador de Entrenamiento

- Mediciones de energía y voltaje
- Análisis de formas de onda
- Verificación de tiempos de carga

6.3 Pruebas de Funcionalidad Completa

- Todas las mediciones requeridas simultáneamente
- Pruebas con diferentes configuraciones
- Validación de interfaz de usuario

6.4 Análisis de Resultados

- Comparación con valores esperados
- Cálculo de errores y precisión
- Documentación de hallazgos

ETAPA 7: CORRECCION Y VALIDACION

7.1 Optimización de Hardware

- Corrección de precisión de mediciones
- Reducción de ruido eléctrico
- Optimización de consumo energético

7.2 Optimización de Software

- Correccion de interfaz de usuario
- Optimización de algoritmos

7.3 Pruebas de Robustez

- Pruebas de estrés del sistema
- Validación de repetibilidad
- Pruebas de confiabilidad a largo plazo

ETAPA 8: EVALUACIÓN FINAL Y PRESENTACIÓN

8.1 Preparación de Demostración

- Setup de demostración funcional
- Preparación de casos de prueba
- Material visual de apoyo

8.2 Documentación Final del Proyecto

- Reporte técnico completo
- Análisis de resultados finales
- Conclusiones y recomendaciones

CLASE 2 — 29/01/2026. Presentación del proyecto, con división de tareas.

Durante esta sesión se realizó la exposición oral de lo que va a consistir el presente proyecto, se presentaron las diferentes etapas dando un total de 8 etapas finalizando con la presentación final con el producto funcional. **LINK:** https://www.canva.com/design/DAG_2XjVYyE/CcnISuP-KWJE-5aGZEEAMQ/edit?utm_content=DAG_2XjVYyE&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton



Primer diseño de presentación

Una vez terminada la exposición el maestro nos dio una retroalimentación de mejoras a la presentación corrigiendo, diseño, contenido, diagrama de etapa por parcial, reparto de tareas, entre otras observaciones. A continuación se adjuntan las correcciones. **LINK:** https://www.canva.com/design/DAG_2td7_ok/79thsBnjG7xeGMzQfNLDjg/edit?utm_content=DAG_2td7_ok&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton



Corrección de presentación

CLASE 3 — 03/02/2026. Adelanto del entregable "Definición de especificaciones técnicas".

Durante esta sesión el equipo se dedicó a adelantar el entregable dos denominado "Definición de especificaciones técnicas". Se encontró un manual de usuario del analizador de desfibrilador Impulse 6000D/7000DP marca FLUKE con el que se tomaron como referencia medidas Rangos de medición para cada parámetro, precisión y resolución requeridas y las interfaces de usuario necesarias.



Impulse 6000D/7000DP

Analizador de desfibriladores/marcapasos externos

Datos técnicos



El analizador de desfibriladores Impulse 6000D y los sistemas de prueba de analizadores de desfibriladores/marcapasos transcutáneos Impulse 7000DP son instrumentos de prueba de precisión portátiles y resistentes que garantizan un funcionamiento adecuado y el máximo rendimiento de equipos fundamentales de reanimación cardiaca y soporte vital.

Las capacidades de prueba del Impulse 6000D y el Impulse 7000DP cubren el espectro de formas de impulso establecidas a nivel mundial, presentan compatibilidad con tecnología de desfibriladores externos automáticos (AED) de vanguardia y tienen un rendimiento superior en lo referente a precisión y normas. Además, el Impulse 7000DP incorpora las pruebas y la amplia gama de cargas de prueba y algoritmos de medición necesarios para probar marcapasos transcutáneos externos.

En combinación con el Impulse 7000DP, el accesorio de carga seleccionable para el desfibrilador Impulse 7010 ofrece cargas múltiples de 25 Ω , 50 Ω , 75 Ω , 100 Ω , 125 Ω , 150 Ω , 175 Ω , y 200 Ω para pruebas de rendimiento de desfibrilador. Una interfaz USB estándar permite el control por computadora y la transferencia de datos, y un software de automatización Ansur opcional basado en PC aumenta la productividad al brindar a los usuarios un método sencillo para estandarizar los procedimientos de prueba y capturar, imprimir y documentar datos.

Características principales

- El accesorio de carga seleccionable para el desfibrilador Impulse 7010 ofrece cargas múltiples de 25 Ω , 50 Ω , 75 Ω , 100 Ω , 125 Ω , 150 Ω , 175 Ω , y 200 Ω en cumplimiento de la norma IEC 60601-2-4 (opcional).
- Compatibilidad con tecnología de desfibrilación Loewen, Edmark, trapezoidal, bifásica y bifásica pulsada.
- Compatibilidad con tecnología de desfibriladores externos automáticos (AED).
- Precisión de medición $\pm 1\%$ de la lectura $\pm 0,1$ J de primer nivel.
- Interfaz de usuario intuitiva y luz trasera, pantalla fácil de leer.
- Portátil, resistente, fácil de transportar.
- Batería recargable y duradera.
- Marcos de marcapasos seleccionados.
- Entrada del marcapasos protegida contra salida del desfibrilador (7000DP únicamente).
- 10 salidas de ECG independientes que brindan combinaciones de 12 derivaciones para señales clínicas estandarizadas.
- Configuraciones flexibles de frecuencia cardíaca (paso de 1 latido por minuto [BPM]) que facilitan la precisión del medidor de frecuencia y la prueba de alarmas.
- Las mediciones basadas en el procesamiento de señal digital (DSP) permiten las futuras actualizaciones de formas de onda y firmware.
- Puntos integrados únicos para conexiones seguras.
- Garantía extendida de dos años (garantía extendida sin costo disponible después de la calibración del primer año en cualquier centro de servicios autorizado de Fluke Biomedical).
- Software de automatización de prueba Ansur opcional para estandarizar los procedimientos de prueba, capturar formas de onda y resultados de pruebas, e imprimir y documentar resultados de pruebas.
- Diseñado, probado y desarrollado según las incomparables normas de calidad de Fluke.

CLASE 4 — 05/02/2026. Entregables de “Definición de especificaciones técnicas” y comienzo de búsqueda de materiales a utilizar .

Durante esta sesión se investigaron las especificaciones técnicas que serán necesarias para la elaboración del analizador, estas fueron obtenidas de un manual de usuario del analizador de desfibrilador Impulse 6000D/7000DP marca FLUKE ampliando nuestro marco teórico. De igual forma se comenzó a planear los materiales que se ocupan para el proyecto como el sensor de corriente que en este caso será Acs758 Acs758lcb-100b Sensor De Corriente 100a y la pantalla táctil que se optó por una de 2.4 pulgadas.



Especificaciones generales

Temperatura de funcionamiento
10 °C a 40 °C (50 °F a 104 °F).

Temperatura de almacenamiento
-20 °C a 60 °C (-4 °F a 140 °F).

Humedad
10% a 90% sin condensación.

Pantalla
Pantalla LCD.

Comunicaciones
Puerto de dispositivo USB para control por computadora.

Modos de funcionamiento
Manual y remoto.

Potencia

Paquete de batería interna recargable NiMH para nueve horas de funcionamiento (en general) después de carga total; el cargador de batería también puede hacer funcionar el analizador y cargar la batería en forma simultánea.

Cargador de batería
Entrada de 100 V a 240 V, salida de 19 V/1,5 A. Para un mejor rendimiento, el cargador de batería debe conectarse a un receptáculo de CA correctamente conectado a tierra.

Caja
Carcasa de plástico de ABS.

Dimensiones
(ancho x profundidad x altura)
32 cm x 24 cm x 13 cm (13 pulgadas x 9,5 pulgadas x 5 pulgadas).

Peso
3,02 kg (6,6 libras, 0,1 onzas).

Normas de seguridad
CE: IEC/EN61010-1 2ª edición; grado de contaminación 2.
CAN/CSA-C22.2 No 61010-1; UL61010-1.
C-Tick: EMC australiana.

Normas de compatibilidad electromagnética (EMC)
EMC europea: EN61326-1.

Especificaciones técnicas del analizador de desfibriladores

Medición de la salida de energía

Formas de onda de desfibrilador compatibles
Lowrn, Edmark, trapezoidal, bifásica de CC y bifásica pulsada de CA.

Nota: La forma de onda bifásica pulsada de CA no está aprobada en Estados Unidos.

Medición de intervalo automático
0,1 J a 600 J.

Precisión
0,1 J a 360 J: $\pm 1\%$ de la lectura + 0,1 J.
360 J a 600 J: $\pm 1\%$ de la lectura + 0,1 J, típico.

Nota: En el caso del desfibrilador bifásico pulsado, la precisión especificada es de $\pm 11,8\%$ de lectura + 0,3 J en ambos intervalos.

Resistencia de carga
Resistencia: 50 Ω .
Precisión: $\pm 1\%$, no inductiva ($< 2 \mu\text{H}$).

Nivel de disparo del impulso
20 V.

Ancho del impulso
Intervalo: 1 ms a 50 ms.
Precisión: $\pm 0,1$ ms.

Voltaje
Intervalo: 20 V a 5000 V.
Precisión: $\pm 1\%$ de la lectura + 2 V).

Corriente
Intervalo: 0,4 A a 100 A.
Precisión: $\pm 1\%$ de la lectura + 0,1 A).

Inclinación
(bifásica y bifásica pulsada)
Intervalo: 1% a 99%.
Precisión: ± 1 dígito.

Retardo de la interfaz
(bifásica y bifásica pulsada)
Intervalo: 0,1 ms a 9,9 ms.
Precisión: $\pm 0,1$ ms.

Frecuencia
(bifásica pulsada únicamente)
Intervalo: 2000 Hz a 8000 Hz.
Precisión: $\pm 1\%$ de la lectura.

Ciclo de trabajo
(bifásica pulsada únicamente)
Intervalo: 1% a 99%.
Precisión: ± 1 dígito.

Frecuencia de muestreo
250 kHz (muestra de 4 μs).

Potencia máxima promedio
12 vatios, equivalente a 10 impulsos de desfibrilador de 360 J cada 5 minutos.

Salida de osciloscopio
Intervalo automático: 2000:1, 400:1 y 80:1 según el intervalo.

Reproducción de forma de onda

- Salida: BNC.
- Impedancia de salida: 50 Ω .
- Precisión de amplitud: $\pm 5\%$.

Medición de tiempo de carga
Intervalo: 0,1 s a 100 s.
Precisión: $\pm 0,05$ s, típico.

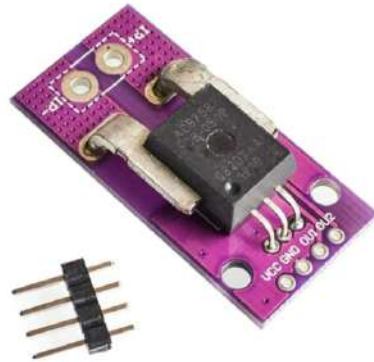
Prueba de sincronización (cardioversión opcional)

- Medición del tiempo de retardo
- Margen de tiempo: Pico de onda R de ECG con respecto al pico del impulso del desfibrilador.
 - Intervalo: -120 ms a 380 ms; mide el tiempo a partir de los 120 ms anteriores al pico de onda R hasta 380 ms después del pico de onda R.
 - Resolución: 1 ms.
 - Precisión: ± 1 ms.

Ondas del ECG

- Ritmo sinusal normal (NSR): de 10 BPM a 180 BPM en pasos de 1 BPM.





Nuevo | +100 vendidos



ACS758 ACS758LCB-100B Sensor De Corriente 100a

4.8 ★★★★★ (5)

\$ 117⁹⁹

IVA incluido

[Ver los medios de pago](#)

Lo que tienes que saber de este producto

- Microcontrolador: ACS758LCB-100B.
- Voltaje de funcionamiento: 5V.
- Frecuencia del reloj: 0kHz.
- Capacidad de la memoria flash: 0KB.
- Capacidad SRAM: 0KB.
- Capacidad EEPROM: 0KB.

[Ver características](#)

amazon.com.mx

Enviar a Maricajó
Merida 97130

Herramientas y Mejoras del Hogar

Buscar en Amazon.com.mx



Hola Maricajó
Cuenta y Listas

Devoluciones
y Pedidos

Carrito

Electrónica • Computadoras, Componentes y Accesorios • Monitores



Haz clic para una vista completa



2.4/2.8/3.2" NX3224T024 NX3224T028 NX4024T032 TFT Panel de pantalla táctil resistente UART HMI Módulo de pantalla LCD inteligente (2.4 pulgadas)

Marca: Reland Sun

Buscar en esta página

\$607⁸¹

\$61.69 x12 meses [Ver planes](#)

Hasta 30% en tu primera compra con Kueski Pay

[Inscríbete](#)

Gana \$100 con las Misiones Amazon. [Ver más](#)



Pagos y
Seguridad



30 días de devolución
sin costo.

\$607⁸¹

Entrega por \$150 entre el 26 de febrero - 10 de marzo. [Ver detalles](#)

O entrega más rápida entre el 24 de febrero - 3 de marzo. [Ver detalles](#)

Enviar a Maricajó - Merida 97130

Disponible

Importación Aviso

Cantidad: 1

[Agregar al carrito](#)

[Comprar ahora](#)

Remitente / Reland

CLASE 5 — 12/02/2026. Entregables de “Análisis de Riesgos y Seguridad”.

Durante esta sesión, el equipo de trabajo avanzó significativamente en la consolidación del marco teórico del proyecto, completando la sección correspondiente a protocolos de seguridad eléctrica, protecciones necesarias para alto voltaje y procedimientos de operación segura. Esta labor resultaba fundamental para establecer las bases conceptuales que guiarán las decisiones de diseño en etapas posteriores.

Para el desarrollo de esta sección, se realizó una revisión exhaustiva de normativas internacionales vigentes, destacando principalmente la norma IEC 60601-1 en su versión más reciente, que establece los requisitos generales para la seguridad básica y el desempeño esencial de equipos electromédicos. De igual manera, se consultó la norma específica IEC 60601-2-4, particularmente relevante por abordar los requisitos particulares para desfibriladores cardíacos. Ambas referencias fueron complementadas con documentación técnica de la FDA, que valida su aplicación en el contexto regulatorio de dispositivos médicos, así como con manuales de equipos profesionales como el Seaward Rigel 288+ y guías institucionales gubernamentales que documentan procedimientos operativos seguros validados en entornos reales.

El contenido desarrollado aborda tres aspectos fundamentales. En primer lugar, los protocolos de seguridad eléctrica, donde se establece la necesidad de controlar estrictamente las corrientes de fuga, las cuales no deben exceder los 100 microamperios en condiciones normales de operación, garantizando así la protección del operador mediante aislamiento galvánico y barreras que cumplan con los requisitos de dos medios de protección para el paciente. En segundo lugar, las protecciones necesarias para alto voltaje, que incluyen una resistencia de carga de 50 ohmios no inductiva con capacidad para disipar descargas de hasta 360 julios, complementada con descargadores de gas, varistores y convertidores DC-DC con aislamiento médico certificado. Finalmente, se definieron los procedimientos de operación segura estructurados en tres fases: antes de la prueba, que implica inspección visual y verificación del área de trabajo; durante la prueba, con énfasis en la posición correcta de las

manos y la comunicación verbal de las maniobras; y después de la prueba, incluyendo la verificación de la descarga de capacitores y el mantenimiento básico del equipo.

Con la incorporación de esta sección, el marco teórico del proyecto queda completamente integrado, proporcionando una base sólida y documentada que respalda las decisiones técnicas que se tomarán en las siguientes etapas del desarrollo. El equipo se encuentra ahora en condiciones de avanzar hacia el diseño conceptual del sistema, la definición de su arquitectura y la selección final de componentes, particularmente aquellos relacionados con los subsistemas de protección cuya importancia ha quedado plenamente justificada en esta fase teórica. Este avance representa un paso significativo en la consolidación del proyecto y refuerza el compromiso del equipo con el rigor técnico y la seguridad que deben caracterizar todo desarrollo en el campo de la ingeniería biomédica.

CLASE 6 — 19/02/2026. Elaboración de los entregables en CANVA.

Durante esta sesión, el equipo realizó una revisión integral de los avances alcanzados hasta el momento en el marco teórico del proyecto, constatando que se ha completado satisfactoriamente la totalidad de los contenidos conceptuales requeridos para fundamentar el desarrollo del analizador de desfibrilador. Con la incorporación de la sección de protocolos de seguridad eléctrica, protecciones para alto voltaje y procedimientos de operación segura, se da por concluida la fase de fundamentación teórica, quedando el equipo en condiciones de avanzar hacia las etapas de diseño conceptual y especificaciones técnicas.

Una vez verificado que todos los entregables teóricos se encuentran terminados y debidamente referenciados con fuentes oficiales y actualizadas, se acordó proceder a la integración de este contenido en la presentación formal del proyecto. El equipo trabajará durante la próxima semana en la consolidación de una presentación ejecutiva que sintetice los hallazgos más relevantes del marco teórico, incluyendo los fundamentos de la desfibrilación, el análisis comparativo de equipos comerciales, la normativa IEC aplicable y, por supuesto, los protocolos de seguridad recientemente desarrollados.

Esta presentación será expuesta de manera formal ante el titular de la asignatura, el Ing. Alam Efren Chab Canul, en la sesión programada para la próxima clase.

CLASE 7 — 26/05/2026. Pruebas de funcionamiento con desfibrilador

Durante la presente sesión el equipo se encargó de hacer pruebas de funcionamiento con un desfibrilador monitor modelo HeartStart MBX



REFERENCIAS

1. International Electrotechnical Commission. (2020). *Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance* (IEC 60601-1:2005+AMD1:2012+AMD2:2020 CSV). IEC Webstore.
<https://webstore.iec.ch/en/publication/67497>
2. International Electrotechnical Commission. (2018). *Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators* (IEC 60601-2-4:2010+AMD1:2018 CSV). IEC Webstore.
<https://webstore.iec.ch/en/publication/2654>
3. U.S. Food and Drug Administration. (2023). *Recognized Consensus Standards: Medical Devices - IEC 60601-1 Edition 3.2*. FDA.
https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfStandards/detail.cfm?standard_identification_no=44029
4. U.S. Food and Drug Administration. (2020). *Recognized Consensus Standards: Medical Devices - IEC 60601-2-4 Edition 3.1*. FDA.
https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfStandards/detail.cfm?standard_identification_no=41489
5. Seaward Electronic Ltd. (2019). *Rigel 288+ Practical Manual* (p. 31). ManualsLib.
<https://www.manualslib.com/manual/3861036/Seaward-Rigel-288Plus.html?page=31>
6. St. Onge, J. (2007, June 1). *Leakage-Current Testing for Patient-Monitoring Devices*. Medical Device and Diagnostic Industry.

<https://prod.mddionline.com/testing/leakage-current-testing-for-patient-monitoring-devices>

7. Iowa Department of Education. (2025). *Automatic External Defibrillators (AED)*.

[Iowa.gov](https://iowa.gov).

<https://educate.iowa.gov/pk-12/student-supports/specialized-support/student-health-services/school-nurse-toolkit/section-5-emergency-health-services/automatic-external-defibrillators-aed>