

# Identificador de apósitos y material quirúrgico en cirugías

Rubén. Darío. Cárdenas Espinosa  
Líder Semillero de Investigación E-InnovaCMM  
Centro Metalmecánico SENA, Distrito Capital  
[rcardenase@sena.edu.co](mailto:rcardenase@sena.edu.co)

Claudia María Martínez Zuluaga  
Asesora Centro Metalmecánico SENA, Distrito Capital.  
[cmartinezz@sena.edu.co](mailto:cmartinezz@sena.edu.co)

**Resumen—** El propósito del proyecto desarrollar un dispositivo electrónico que permita identificar los apósitos o instrumental quirúrgico en el cuerpo de un paciente antes de suturar una incisión. Teniendo en cuenta que algunas entidades de salud han presentado casos en los cuales los profesionales de la salud que realizan una intervención quirúrgica han dejado olvidado instrumental quirúrgico y/o apósitos en el cuerpo del paciente, surge la necesidad de diseñar un dispositivo para detectar material textil e instrumental en dichos procedimientos. La metodología empleada corresponde a una investigación experimental, con enfoque analítico y descriptivo de corte transversal, desarrollada en 6 fases: concepto de producto, diseño conceptual, diseño funcional, prototipado virtual, prototipo funcional y preseries. El dispositivo desarrollado contribuye a garantizar la seguridad del paciente para evitar que en su interior cuerpos extraños después de ser sometido a una intervención quirúrgica. Este proyecto reduce pérdidas económicas al hospital, mitiga el riesgo de demandas y tutelas por parte de pacientes que hayan podido tener este tipo de inconvenientes, además brinda confiabilidad al personal médico y a las entidades hospitalarias que hagan uso de este equipo.

**Palabras clave—** Dispositivo Electrónico , Instrumental, Surgical Procedures, dressings, patient.

**Abstract—**The purpose of the project is to develop an electronic device that allows the identification of surgical dressings or instruments in a patient's body before suturing an incision. Given that some health entities have presented cases in which health professionals who perform a surgical intervention have left surgical instruments and / or dressings in the patient's body forgotten, there is a need to design a device to detect textile material and instrumental in such procedures. The methodology used corresponds to an experimental investigation, with an analytical and descriptive approach of cross-section, developed in 6 phases: product concept, conceptual design, functional design, virtual prototyping, functional prototype and preseries. The developed device helps to ensure the safety of the patient to prevent foreign bodies inside after undergoing surgery. This project reduces economic losses to the hospital, mitigates the risk of lawsuits and guardianships on the part of patients who may

*have had this type of inconvenience, and also provides reliability to medical staff and hospital entities that make use of this equipment.*

**Keywords—**Electronic Device, Instrumental, Surgical Procedures, dressings, patient.

## I. NOMENCLATURA

Apósitos: productos sanitarios empleados para cubrir y proteger una herida, contribuye a la reepitelización del tejido dañado y en consecuencia la cicatrización de la herida.

Electrónica: rama de ciencia aplicada que estudia y emplea sistemas para el control del flujo microscópico de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente [1].

Diseñar: proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo [2].

Diseño: plan final de consideraciones funcionales y estéticas, con numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Comprende multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas [3].

Diseño de circuitos electrónicos: resolución de problemas aplicables en los campos de la ingeniería electrónica, mecatrónica, electromecánica, automatización industrial, biomédica, el cual puede implicar el diseño de software para realizar su configuración y control [4].

## II. INTRODUCCIÓN

Ante el incremento de eventos adversos que afectan a los pacientes después de una cirugía por el olvido de apósitos o instrumental quirúrgico en sus organismos durante una su

intervención quirúrgica, se identificó la necesidad de diseñar un dispositivo electrónico que mediante el uso de

sensores pueda determinar si dichos elementos se encuentran en el cuerpo de un paciente después de realizarse un procedimiento quirúrgico antes de proceder a realizar la sutura por parte del profesional de la salud, lo cual permitirá verificar que la herida no contenga dichos elementos.

Al indagar durante un periodo de 4 años entre 2014 y 2018 en diferentes entidades de salud del Departamento de Caldas en este campo, se ubicaron sesenta y ocho (68) casos de cuerpos extraños retenidos en el organismo de pacientes, de los cuales se procedió a verificar la información hallando solo 34 casos confirmados. El 59% de los cuerpos extraños que se encontraban en los pacientes fueron hallazgos no esperados mediante el uso rutinario postoperatorio con rayos x, siendo las gasas el cuerpo extraño retenido más común encontrado en los casos analizados, y la ubicación más frecuente fue en la zona abdominal. Lo anterior trae como consecuencia, enfermedades e infecciones posteriores en los pacientes y demandas a los hospitales y desprestigio a los médicos, entre otros inconvenientes [5].

El objetivo general es realizar el diseño electrónico de un dispositivo que permita detectar los apósitos e instrumental en pacientes que han sido sometidos a cirugías o tratamientos quirúrgicos.

La pregunta de investigación es: ¿Cómo desarrollar un sistema electrónico para identificación de apósitos o instrumental quirúrgico en el cuerpo de un paciente antes de suturar una incisión?

El proyecto consiste en analizar la información que permita identificar los tipos de instrumental quirúrgico y apósitos que se emplean en cirugías y que pueden ser detectados electrónicamente, luego se realiza el diseño electrónico necesario para el montaje del prototipo, su verificación y validación para realizar los ajustes pertinentes e implementar el diseño del identificador electrónico de apósitos.

Los principales usos de los circuitos electrónicos son el control, el procesado, la distribución de información, la conversión y la distribución de la energía eléctrica. Estos dos usos implican la creación o la detección de campos electromagnéticos y corrientes eléctricas [6].

Un sistema electrónico es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Una forma de entender los sistemas electrónicos consiste en

dividirlos en las siguientes partes: Entradas, Circuitos de procesamiento de señales, Salidas [7].

Las entradas y salidas de todo sistema electrónico utilizan señales. Una señal es la representación de un fenómeno físico o estado material a través de una relación establecida; las entradas y salidas de un sistema electrónico serán señales variables. Las señales pueden ser análogas (toman un conjunto infinito de valores entre dos límites, como presión, temperatura y velocidad) o digitales (toman valores discretos en estados binarios 1 (encendido) o cero (apagado) [8].

Un sistema programado a través de un sistema informático almacenado en una memoria realiza el control y gestión del sistema contenido en un circuito electrónico que contiene un microprocesador o un microcontrolador y una serie de componentes electrónicos dispositivos tales como transistores, válvulas, resistencias y otros integrados en una tarjeta electrónica, pueden hacer funciones complejas utilizando las cargas eléctricas [9].

En la universidad de Stanford en California se realizaron estudios para que los cirujanos no olviden objetos dentro de los pacientes, el sistema alertó con precisión a los cirujanos cuando dejaban deliberadamente una gasa, equipada con una cinta de detección, dentro de un sitio cerrado temporalmente. No obstante, los especialistas señalaron que el tamaño de los chips empleados de 20 milímetros es demasiado grande y deberían ser reducidos para ser empleados en gasas e instrumentos quirúrgicos.

### III. METODOLOGÍA

La Metodología empleada corresponde a una investigación experimental, con enfoque analítico y descriptivo de corte transversal. Los materiales que se utilizaron fueron: Sensor Óptico, Microcontrolador PIC16f877, CIMax232, Condensadores, Resistencias, Pantalla LCD, Cristal de cuarzo, Potenciómetro, diodos Led, Swich, Diodos Zenner, Parlante, Amplificador Operacional, Bobina, Transistor PNP, Software PICsimulator, Mplab, Proteus VSM y Office. Las fases del ciclo de desarrollo de un producto electrónico son las 6 que se presentan a continuación en 4 Etapas así: Etapa de Análisis se desarrolla el concepto de producto y diseño conceptual, En la Etapa de Diseño se realiza el Diseño funcional y el prototipo virtual, en la Etapa de Ejecución se realiza el prototipo Funcional y en la Etapa de Evaluación se realizan las Preseries.:

1. Concepto de producto: Corresponde a la definición del producto electrónico que se desea desarrollar. En esta primera etapa inicia con la generación de

ideas, las cuales se pueden generar a partir del mercado o a partir de la tecnología. La identificación de las necesidades del mercado conlleva al desarrollo de nuevas tecnologías y productos para satisfacer estas necesidades [10]. Esta identificación se puede realizar a través de la vigilancia estratégica, que es el sistema por el cual la empresa dispone de información apropiada, en el momento oportuno, para tomar la decisión más adecuada. Se requiere de un proceso en el cual se hace lo siguiente: recolección de información que la empresa necesita, transformación en conocimiento, valoración y distribución de la información todo esto con el objetivo de vigilar el entorno y explotar la información [11]. Adicionalmente se analiza la viabilidad técnico-económica del producto. A través de la evaluación de los principios técnicos del sistema y al mismo tiempo recoge información adicional sobre el rendimiento, fiabilidad, características de mantenimiento y productividad; además se valorizará la inversión económica comparada con los beneficios que se obtendrán en la comercialización y utilidad del producto o sistema [12].

2. Diseño conceptual: Describe las especificaciones técnicas del producto tales como normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción o desarrollo de nuevos productos [13].
3. Diseño funcional: En esta fase se realiza el diseño del hardware o parte física y el software o parte blanda del producto a desarrollar [14].
4. Prototipado virtual: Corresponde al diseño y generación de un producto con suficientes características claves que permitan su evaluación frente a los requerimientos. Virtual significa que el producto diseñado aún no está creado físicamente sin embargo se genera su representación visual para observación, análisis (técnico y funcional) minimizando costes económicos y plazos de desarrollo; el objeto tiene aproximadamente el mismo comportamiento que el modelo físico excepto que este está disponible en un ambiente virtual generado en un computador [15].
5. Prototipo funcional: Es el prototipo físico del producto, en el cual se realizan pruebas y ensayos para verificar el cumplimiento de las especificaciones; su propósito es obtener una

muestra para el cliente, se deben realizar pruebas al prototipo para que se ajuste a los requisitos iniciales y obtener valores necesarios para realizar una aproximación más cercana del producto final [16].

6. Preseries: En esta fase se realiza la asesoría y los ensayos especiales del producto, pruebas de seguridad eléctrica, ensayo de condiciones climáticas y su validación en el proceso productivo [17].

#### IV. RESULTADOS

Se analizaron varias alternativas de diseño de producto electrónico a continuación se presentan los resultados de cada alternativa analizada:

Incorporar un código de barras en la gasa para que el detector mediante un dispositivo óptico, pueda leer la codificación de este y así localizar el material textil. El prototipo realizado fue un circuito electrónico con lector del código de barras, sus ventajas son: El código de barras se imprime a bajos costos, Durante el desarrollo del proyecto se pudo verificar que el código de barras permite capturar rápidamente los datos, Tiene márgenes de error muy bajos. Sus desventajas son: Afecta notablemente la asepsia de las gasas. La presencia de sangre y de diferentes órganos del cuerpo humano puede bloquear el paso del haz de luz y por lo tanto el detector no lee el código de barras.

Detectar material textil implementando banda magnética. El prototipo realizado fue un circuito electrónico sensor inductivo, la banda magnética de alta coercitividad se le añade a la gasa para que sea detectada por un sensor inductivo. Los aspectos a favor son: La banda magnética resiste los 134°C del proceso de esterilización de la gasa. Gracias al desarrollo del proyecto se pudo verificar que la banda magnética está realizada con material de alta coercitividad por lo tanto es de fácil detección por un sensor inductivo. Sus aspectos en contra que se pudieron encontrar son: La banda magnética afecta la asepsia de la gasa. El proceso de magnetización es costoso y dispendioso.

Detección de material textil e instrumental con un oscilador de frecuencia. Se basa en la existencia de una bobina de referencia y una de búsqueda que se utilizan como osciladores a una misma frecuencia. Cuando la bobina de búsqueda se acerca a un conductor genera corrientes que producen un campo magnético que varía el auto inductor de la bobina de búsqueda. Esta variación conlleva una diferencia en las frecuencias de los osciladores que se baten y se amplifican produciendo un sonido audible. El prototipo realizado fue un circuito electrónico oscilador de frecuencia, sus ventajas son: El oscilador de frecuencia detecta objetos metálicos y no

metálicos, así como líquidos, sólidos y material textil. El oscilador tiene la capacidad de detectar materiales sin necesidad de tener un contacto físico. El oscilador de frecuencia es de bajo costo. Las desventajas encontradas durante el desarrollo del proyecto son: Tiene una distancia de detección muy corta (60mm). Son muy sensibles a factores ambientales: la humedad puede afectar el resultado de la detección.

Detectar material textil por ultrasonido. Los sensores ultrasónicos tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a identificar, y al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inicio su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta con ello manda una señal eléctrica digital o analógica. Es un sensor que produce ondas acústicas de alta frecuencia para producir imágenes al interior del organismo. Nos permitiría observar la presencia de gasa o apósitos en el interior de la cavidad abdominal. En la etapa de Ejecución del proyecto se realizó el prototipo con un circuito electrónico sensor capacitivo, sus fortalezas son: La asepsia no se afectaría de ninguna manera. Las imágenes que se obtienen son muy acertadas. Detecta material textil e instrumental simultáneamente. Sus debilidades son: es una alternativa costosa comparativamente con las alternativas anteriores. La interfaz desde el sensor hasta una pantalla es muy compleja.

Al evaluar las 4 alternativas se consideró más viable el número 3 (Detección de material textil e instrumental con un oscilador de frecuencia ver imagen 1 que contiene el diagrama de bloques) debido a que el oscilador de frecuencia permite detectar material textil e instrumental fácilmente debido a sus bobinas de referencia y de búsqueda, además es de bajo costo y su funcionamiento es efectivo.

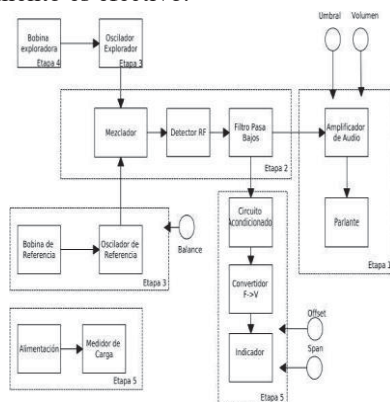


Imagen 1 Diagrama de Bloques del diseño seleccionado alternativa de Solución 3.

Frente a este problema, se han tratado de dar varias soluciones algunas rudimentarias como contar las gasas y todos los instrumentos antes, durante y después de un procedimiento quirúrgico; Otras más desarrolladas emplean avanzada tecnología como lo es un microchip que se implanta en las gasas, el cual produce un sonido cuando se pasa un aparato revisor por encima; o llevando al paciente a un cuarto de inspección posoperatoria, donde por medio de un equipo de rayos x de alta resolución se examina antes de pasarlo a una sala de recuperación. Sin embargo, en la mayoría de casos los objetos se detectan por medio de radiografías después de que el paciente ha abandonado la sala de operaciones.

En Estados Unidos, se utiliza un método denominado gasa segura (the Safety-Sponge System <sup>TM</sup>) de Surgicount Medical,

el cual consiste en que cada gasa, compresa y/o apósito está pre marcada, con una marca de barras única y específica. Este sistema consiste en un escáner para el conteo el cual es utilizado para leer y registrar el código de barras del material que se usará en una cirugía.

Existen otros sistemas como el denominado cuenta clara (Clear-Count y ClearCount's SmartSponge System<sup>TM</sup>) que automatiza el procedimiento del conteo y evita el uso de rayos X, ideado también para la resolución de la complicación, ya que en más de 10 millones de cirugías cada año, en los Estados Unidos, el personal de enfermería utiliza 15-30 minutos en el conteo manual del material quirúrgico antes, durante y después del procedimiento quirúrgico, para evitar una complicación. Sin embargo, se necesita un sistema, como el propuesto, que sea realmente seguro, donde se disminuya la probabilidad de que el paciente abandone la sala de procedimientos quirúrgicos, con un objeto extraño en su cuerpo.

Durante la ejecución del proyecto se tuvieron múltiples problemas debido a que las bobinas no proporcionaban las frecuencias determinadas y el circuito basado en condensadores no aseguraba buena estabilidad, sin embargo, durante la primera prueba "en protoboard" el circuito respondió satisfactoriamente, aunque en ocasiones las mediciones de frecuencias eran inexactas. De igual modo faltaba un componente demasiado relevante para el efectivo desarrollo del circuito (Convertor de frecuencia a voltaje).

## V. CONCLUSIONES

En la etapa de Diseño del proyecto se efectuaron las pruebas con un oscilador de referencia para cada componente llevando a cabo las respectivas mediciones

para descartar un mal estado de estos; Un procedimiento similar se realizó en las etapas de oscilador de búsqueda, mezclador y amplificador de la señal.

La realización del proyecto se basó en varias etapas, un oscilador de referencia el cual nos proporciona las frecuencias determinadas con el fin de tomarlas como base para implementar el otro oscilador; una bobina exploradora, impresa en tarjeta de circuito impreso la cual compone el oscilador de búsqueda; el mezclador basado en un emisor común degenerado con filtros para reunir las señales de los osciladores y luego pasar a la siguiente etapa; y la fase de amplificación de la señal la cual toma la salida del detector y la amplía de tal manera que pueda ser aplicada en un parlante.

Se empleó un circuito integrado conversor de frecuencia a voltaje para los indicadores visuales y para tener un circuito estable.

Durante la elaboración de la tarjeta de circuito impreso se tuvo problemas debido a que las pistas estaban muy delgadas y no había buen contacto entre ellas, se optó por incrementar su tamaño. Después de impreso y de estar en la tarjeta de circuito impreso el nuevo circuito, se verificó si había buen contacto entre cada componente.

Se efectuaron las respectivas mediciones de frecuencias y voltajes dando resultados no satisfactorios debido a que lo obtenido no está dentro de las especificaciones. El diseño de los osciladores se vio afectado y las frecuencias no dieron los valores esperados, el integrado Conversor de frecuencia a voltaje distorsionó las impedancias de las señales provenientes de los osciladores antes de pasar a la fase del mezclador y el circuito no respondió como se esperaba.

#### REFERENCIAS

- [1] Gismondi Glave, G. (2010). Ingeniería biomédica. Revista Ciencia y Cultura, (24), 99-118.
- [2] Garcés Unda, A. S. (2010). Diseño de una prótesis acoplable al antebrazo que permita el uso de herramientas básicas (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato).
- [3] Colombo Pulgarín, J. C. (2011). Prótesis ocular estética con movimiento: propuesta de diseño de una Superficie de Apoyo Deslizante (SAD) (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).
- [4] Llanos, B., Marino, R., & Leonel, H. (2015). Evaluación de los sistemas tecnológicos de los laboratorios especializados de los departamentos de Ciencias de la Tierra (DECTC), Energía y Mecánica (DECEM), Eléctrica y Electrónica (DEEE) de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, matriz (Master's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Evaluación y Auditoría de Sistemas Tecnológicos.).
- [5] Kohn, L. (Ed.). (2000). Daoism handbook (Vol. 14). Brill.
- [6] Botache Botache, J. D., Arias, G., & Isacc, B. (2011). Dispositivos de medición y captadores de datos Dispositivo para el monitoreo de temperatura, humedad relativa, luz.
- [7] Carrasco Mayorga, R. M. (2012). Marcador Electrónico con control inalámbrico para visualizar la información de resultados en el estadio central de Liga Deportiva Parroquial Atahualpa de la ciudad de Ambato (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Electrónica y Comunicaciones).
- [8] Sánchez Morillo, D. (2008). Procesado y transmisión de señales biomédicas para el diagnóstico de trastornos y enfermedades del sueño.
- [9] García Pérez, N. V., Hernández Alvarenga, C. E., Hernández Hernández, C. J., & Quintanilla Ruiz, J. N. (2006). Sistema informático para el control de mantenimiento preventivo programado y correctivo de maquinaria y equipo del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- [10] Morote, J. P., Serrano, G. L., & Nuchera, A. H. (2014). La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones. Ediciones Pirámide.
- [11] Figueroa, A., & María, G. (2016). Gestión de la innovación tecnológica mediante el análisis de la información de patentes. Revista Negotium, 11(33).
- [12] Rey-Vázquez, L. (2009). Informe APEI sobre vigilancia tecnológica. Gijón: APEI, Asociación Profesional de Especialistas en Información, 2009.
- [13] Guzmán, P., & Viviana, L. (2012). Metodología para valoración y adquisición de equipos biomédicos (Bachelor's thesis, Ingeniería Biomédica).
- [14] García Vélez, L. M. (2013). Actualización del sistema de seguridad y salud ocupacional y del plan interno de emergencias.
- [15] Hernández Sánchez, C. A. (2016). Integración de Solidworks y Labview para la elaboración de un prototipo virtual de un manipulador paralelo tipo delta de tres grados de libertad (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira).
- [16] Cruz, M. (2014). Investigación para el desarrollo nacional de un Capnógrafo. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba.
- [17] Guerra, A. R. M. (2017). Equipos biomédicos coadyuvantes para el control de la nutrición y para el ejercicio físico de personas con diabetes. Enfoque UTE, 8(1), pp-92.