

**Desarrollo de un Prototipo de Automatización Para el Recuento Continuo de Compresas en
Cirugía**

**Álvarez Suárez Lina Margarita, López Maldonado Dayana Katherine y Osuna Calderón
Milady Rocio**

**Universidad de Santander
Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud
Instrumentación Quirúrgica
Bucaramanga**

2022

**Desarrollo de un Prototipo de Automatización Para el Recuento Continuo de Compresas en
Cirugía**

**Álvarez Suárez Lina Margarita, López Maldonado Dayana Katherine y Osuna Calderón
Milady Rocio**

**Trabajo de Grado Presentado Como Requisito Para Optar al Título de Profesional en
Instrumentación Quirúrgica**

Director

Tapias Rivera Johanna

Msc. en Investigación de Enfermedades Infecciosas

Universidad de Santander

Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud

Instrumentación Quirúrgica

Bucaramanga

2022



UNIVERSIDAD DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
SALUD
PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA

ACTA DE EVALUACIÓN TRABAJOS DE GRADO

En Bucaramanga, a los 6 días del mes de junio de 2022, en cumplimiento de los requisitos exigidos para la culminación del trabajo de grado, se llevó a cabo la evaluación de:

Título del trabajo de grado:

"DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL RECuento CONTINUO DE COMPRESAS EN CIRUGÍA "

Pregrado en Instrumentación Quirúrgica

CÓDIGO	PRIMER APELLIDO	SEGUNDO APELLIDO	NOMBRE
01160022041	Álvarez	Suárez	Lina Margarita
01180021013	López	Maldonado	Dayana Katherine
01190021062	Osuna	Calderón	Milady Rocío

Director(a) del proyecto: Johanna Tapias Rivera C.C.:

Codirector del proyecto: C.C.:

Evaluador 1: Santiago Barriga Amaya

Evaluador 2: Bianca Lizeth Álvarez Navarro C.C.: 52539083

CONCEPTO EVALUADORES:

Calificación: 3,9

En constancia firman,

Santiago Barriga Amaya

Evaluador 1

Bianca Lizeth Álvarez Navarro

Evaluador 2

Johanna Tapias Rivera
Director(a)

Lina Margarita Álvarez Suárez
Estudiante

Dayana Katherine López Maldonado
Estudiante

Milady Rocío Osuna Calderón
Estudiante

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados nuestro título.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

De igual manera, nuestro agradecimiento a la Universidad de Santander, a toda la Facultad de Instrumentación Quirúrgica, a nuestros profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron creciéramos día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia y dedicación.

Finalmente queremos dedicarles esta tesis a todas nuestras amigas, por apoyarnos cuando más lo necesitamos, por extendernos su mano en momentos difíciles y por la amistad brindada cada día.

Tabla de Contenido

	pág.
Introducción	33
1. Planteamiento del Problema	35
1.1 Descripción del Problema.....	35
1.2 Pregunta de Investigación.....	36
2. Justificación	37
3. Objetivos.....	39
3.1 Objetivo General.....	39
3.2 Objetivos Específicos	39
4. Marco Referencial	40
4.1 Antecedentes Históricos	40
4.1.1 Albores de la Civilización (Lejano y Medio Oriente)	40
4.1.2 Periodos Helenista y Romano (Occidente).....	40
4.1.3 Humanismo-Renacimiento Hasta la Revolución Industrial	41
4.1.4 Era del Control Estadístico de la Calidad (Siglo XX)	41
4.1.5 Publicación Errar es Humano, Lanzamiento de los Primeros Retos Globales de la OMS y el Estudio IBEAS (Siglo XXI).....	42
4.2 Marco Teórico	44
4.3 Estado del Arte	52
4.3.1 Investigaciones Internacionales	53
4.3.2 Investigaciones Nacionales.....	55
4.4 Marco Legal.....	57

5.	Metodología.....	61
5.1	Alcance	61
5.2	Limitaciones	61
5.2.1	Descripción General	61
5.2.2	Elementos	62
5.2.3	Ejecución de Pruebas.....	62
5.2.4	Manual de Instrucciones	62
5.2.5	Desarrollo del Plan de Marketing.....	62
6.	Consideraciones Éticas	64
6.1	Clasificación del Riesgo	64
7.	Resultados.....	65
7.1	Diseño del Prototipo de Automatización Para el Recuento de Compresas en Cirugía ..	65
7.1.1	Fase I: Idea Inicial	65
7.1.2	Fase II: Prueba Inicial con Proteus Versión 8	66
7.1.3	Fase III: Prueba Piloto con el Protoboard.....	67
7.1.4	Fase IV: Diseño de Tarjetas Electrónicas.....	71
7.2	Funcionamiento del Prototipo de Automatización Para el Recuento de Compresas en Cirugía	77
7.3	Realización de las Pruebas In Vitro del Prototipo Automatizado Para el Recuento de Compresas en Cirugía.....	81
7.3.1	Prueba 1	81
7.3.2	Prueba 2	82
7.3.3	Prueba 3	83

7.3.4	Prueba 4	84
7.3.5	Prueba 5	85
7.3.6	Prueba 6	86
7.3.7	Prueba 7	87
7.4	Desarrollo del Plan de Marketing Para el Prototipo de Automatización.....	88
7.4.1	Módulo Emisor	89
7.4.2	Módulo Receptor	90
7.4.3	Módulo Display	90
7.4.3.1	Propuesta de Valor.....	91
7.4.3.2	Slogan.	91
7.4.3.3	Logo..	92
7.4.3.4	Matriz DOFA.....	93
7.4.3.5	Análisis de la Competencia.	93
7.4.4	Dispositivo Situate TM Detection System X Medtronic.....	94
7.4.5	Dispositivo SurgiCount Safety-Sponge ^R System Stryker	96
7.4.5.1	Target-Público objetivo.	96
7.4.5.2	Objetivos del Plan de Marketing.	97
7.4.5.3	Estrategias del Plan de Marketing.	98
7.4.5.4	Promoción y Comunicación: (ATL-BTL-TTL).	99
7.4.5.5	Conclusiones Preliminares del Plan de Marketing.	100
8.	Discusión	101
9.	Conclusiones.....	103
10.	Recomendaciones	104

Referencias Bibliográficas	105
----------------------------------	-----

Apéndices.....	110
----------------	-----

Lista de Tablas

pág.

Tabla 1 Matriz DOFA..... 93

Tabla 2 Comparativo Prototipo con Otros Dispositivos del Mercado 93

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1 Lista OMS de Verificación de la Seguridad de la Cirugía	48
Figura 2 Protocolo de Londres.....	49
Figura 3 Sistema Emisor – Receptor	65
Figura 4 Diseño del Emisor	66
Figura 5 Diseño del Receptor	67
Figura 6 Diseño del Emisor con Protoboard.....	68
Figura 7 Diseño del Receptor con Protoboard.....	69
Figura 8 Tarjeta Arduino	69
Figura 9 Tarjeta Arduino	70
Figura 10 Diseño Completo en Protoboard	71
Figura 11 Diseño de la Tarjeta Electrónica del Emisor	72
Figura 12 Camino del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Emisor.....	72
Figura 13 Diseño de la Tarjeta Electrónica del Receptor	73
Figura 14 Caminos del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Receptor	73
Figura 15 Diseño de la Tarjeta Electrónica del Display	74
Figura 16 Caminos del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Display	74
Figura 17 Tarjetas Electrónicas del Emisor Reales	75
Figura 18 Tarjetas Electrónicas del Receptor Reales	76
Figura 19 Tarjeta Electrónica del Display Real	76
Figura 20 Recipiente del Prototipo	77
Figura 21 Módulo Emisor	78

Figura 22 Módulo Receptor	78
Figura 23 Módulo Display	79
Figura 24 Soporte.....	80
Figura 25 Desecho de Compresas en Bloque	82
Figura 26 Desecho de Compresas de Forma Acelerada	83
Figura 27 Desecho de Gasa en el Recipiente.....	84
Figura 28 Compresa en el Módulo Emisor	85
Figura 29 Desecho de Compresas de forma consecutiva.....	86
Figura 30 Desecho de Compresas en el Recipiente	87
Figura 31 Desecho de Compresas en el Recipiente	88
Figura 32 Recipiente, Soporte con sus Respetivos Módulos	89
Figura 33 Módulo Emisor	89
Figura 34 Módulo Receptor	90
Figura 35 Módulo Display	91
Figura 36 Logo Prototipo.....	92
Figura 37 Escáner Corporal Automatizado.....	94
Figura 38 Consola	94
Figura 39 Algodón Etiquetado.....	95
Figura 40 Escáner de Habitación	95
Figura 41 Software SurgiCount360	96
Figura 42 Código ID de las Esponjas	96
Figura 43 Estrategias.....	98
Figura 44 Promoción y Comunicación	99

Glosario

- Atención en salud: Son los servicios recibidos por los individuos o las poblaciones para promover, mantener, monitorizar o restaurar la salud. (Social, s.f.)
- Compresa: Del lat. *Compressa* “comprimida” Lienzo fino o gasa que, doblados varias veces y por lo común esterilizados, se emplean para cohibir hemorragias, cubrir heridas y aplicar calor, frío o ciertos medicamentos. (Real Academia Española, s.f.-a)
- Cultura de seguridad (CS): Es un conjunto de valores y normas comunes a los individuos dentro de una misma organización e implica un modelo mental compartido que posiciona la seguridad como un objetivo común a perseguir (Vincent et al., 2006) (Rocco & Garrido, 2017)
- Daño: Es el efecto adverso o grado de destrucción causado por un fenómeno sobre las personas, los bienes, sistema de prestación de servicios y sistemas naturales o sociales. (CASTILLA et al., 2017)
- Diseñar: Es un proceso previo de configuración mental, “prefiguración”, en la búsqueda de una solución en cualquier campo ((Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Diseño conceptual: Es el que 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 (PATIÑO, 2012) (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Diseño de circuitos electrónicos: Es la 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 (Llanos et al., 2017); (Espinosa & Zuluaga, 2019).

- Diseño funcional: En esta fase se realiza el diseño del hardware o parte física y el software o parte blanda del producto a desarrollar (García Velez, 2013); (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Diseño: Es un 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 (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Electrónica: Es la rama de la ciencia aplicada que estudia y emplea sistemas para el control de flujo microscópico de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente (Giovanni Gismondi, 2010); (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Emprendimiento: Es tanto el estudio de cómo los nuevos negocios son creados como el proceso real de empezar un nuevo negocio. Un emprendedor es alguien que tiene la idea y que trabaja por crear un producto o servicio que la gente comprará y que crea una organización para apoyar esas ventas. (Shopify, s.f.)
- Error: Es el acto de falta o descuido en el ejercicio de los profesionales de salud que favorece a acontecimiento del evento adverso (Martínez, 2008) (Castilla et al., 2017)
- Esponja quirúrgica: Es la almohadilla especializada que se usa en cirugía para absorber líquidos, puede ser utilizada en combinación con succión para mantener despejado el sitio quirúrgico. (Nethinbag, s.f.)
- Evento adverso no prevenible: Es el resultado no deseado, no intencional, que se presenta a pesar del cumplimiento de los estándares del cuidado asistencial. (MINSALUD, 2014)

- Evento adverso prevenible: Es el resultado no deseado, no intencional, que se podría haber evitado mediante el cumplimiento de los estándares del cuidado asistencial.

(MINSALUD, 2014)

- Evento adverso: Es el resultado de una atención en salud que de manera no intencional produjo daño. Los eventos adversos pueden ser prevenibles y no prevenibles

(MINSALUD, 2014)

- Gossypiboma: Es el término que deriva de la palabra latina gossypium, que significa algodón y del kiswahiliboma, que significa lugar de confinamiento (Martín et al., s.f.)

- Iatrogenia: Viene del griego iatros que significa medicina y de gennam que es ocasionar un error. Iatrogenia es una palabra derivada que implica daño o bien afección que le produce al paciente un determinado método de estudio o tratamiento. (Gamboa & Valdés, 2015)

(Carrasco, 2013)(Tole & Cadavid, 2018)

- Incidente: Es un evento o circunstancia que sucede en la atención clínica de un paciente, que no le genera daño, pero que en su ocurrencia se incorporan fallas en los procesos de atención (MinSalud, s.f.).

- Información documentada: Es la información escrita y socializada de procesos, procedimientos, actividades en un servicio de salud, que puede estar en medio físico o magnético, ser de cualquier fuente refiriéndose al lugar de origen de la información y estar en cualquier formato o idioma (MinSalud, 2019).

- Innovación: Según Castells y Pasola (1997) es “el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil hasta que sea comercialmente aceptado”. De acuerdo con este concepto innovar no es más que el proceso de desarrollar algo nuevo o que no se conoce a partir del estudio metódico

de una necesidad, ya sea personal, grupal u organizacional para lograr una meta económica (Suárez, 2018)

- Marketing: Es un concepto inglés, traducido al castellano como mercadeo o mercadotecnia. Se trata de la disciplina dedicada al análisis del comportamiento de los mercados y de los consumidores. El marketing analiza la gestión comercial de las empresas con el objetivo de captar, retener y fidelizar a los clientes a través de la satisfacción de sus necesidades (Pérez & Gardey, 2012)

- Negligencia: Es la falta difícilmente disculpable, con origen en la indolencia, incuria, estudio de caso, falta de presteza, descuido de las obligaciones cautelares o falla en el cuidado de la aplicación del juicio que se supone debe tener el personal de la salud (Castilla et al., 2017)

- Oblito quirúrgico: Viene del latín “Oblitumoblivus” (olvidado-olvido), se utiliza desde el siglo pasado para definir a todo elemento olvidado dentro del cuerpo de un paciente, durante el curso de una intervención quirúrgica o un procedimiento invasivo (Navarro y Mansilla, 2016).

- Oblitoma: Es el cuerpo extraño abdominal, intracavitario, intragástrico o intestinal que llega a producir fenómenos de oclusión (Martín et al., n.d.)

- Paciente: Proviene del latín PATY y significa el que sufre. En términos sociológicos y administrativos, paciente es el sujeto que recibe los servicios de un profesional de la salud y se somete a un examen a un tratamiento o a una intervención (Navarro & Mansilla, 2016)

- 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 (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Producto: Corresponde a la definición del producto electrónico que se desea desarrollar. En esta primera etapa se 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. (Espinosa & Zuluaga, 2019).
- Protocolo de atención: Es la secuencia lógica y detallada de un conjunto de actividades, conductas o procedimientos a desarrollar para la atención de una situación específica de salud en un entorno determinado, el cual permite poca o ninguna variación de las acciones realizadas por parte del personal que interviene en la atención. Incluye aquellos protocolos definidos por el prestador de servicios de salud y los establecidos en la normatividad que regula la materia como de obligatorio cumplimiento (MinSalud, 2019).
- 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 modelo físico excepto que este está disponible en un ambiente virtual generado en un computador (Espinosa & Zuluaga, 2019)
- 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 (Espinosa & Zuluaga, 2019).

- **Radiofrecuencia:** Es el término se aplica para definir una parte del espectro electromagnético. Concretamente, la parte con menos energía de este. La transmisión de las ondas se produce al generar una corriente a través de un conductor y se recibe con una antena. El ejemplo más claro es el de una estación de radio y un aparato receptor, como el de un coche.
- **Recuento:** Es la acción y efecto de volver a contar algo. (Real Academia Española, s.f.-b)
- **Seguridad del paciente:** Es el conjunto de elementos estructurales, procesos, instrumentos y metodología basadas en evidencias científicamente probadas que propenden por minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso en el proceso de atención de salud o de mitigar sus consecuencias (MinSalud, 2019).
- **Tecnología:** Proviene según Calderón de las palabras griegas “tecné”, que significa “arte” u “oficio” y “logos” “conocimiento” o “ciencia”, “área de estudio”, por lo tanto, la tecnología es el estudio de la ciencia de los oficios. (Suárez, 2018)

Resumen

Título

Desarrollo de un Prototipo de Automatización Para el Recuento Continuo de Compresas en Cirugía

Autor

Álvarez Suárez Lina Margarita, López Maldonado Dayana Katerine y Osuna Calderón Milady Rocio

Palabras Clave

Compresa, evento adverso, prototipo, recuento, seguridad de paciente

Descripción

Los eventos adversos pueden presentarse respecto a la práctica asistencial, productos, medicamentos, procedimientos, infraestructura. El progreso en la seguridad del paciente consiste en un esfuerzo en común que se inclina a mejorar en el rendimiento de la prestación del servicio en salud (OMS, s.f.). El objetivo de la investigación es elaborar el diseño de un prototipo para el recuento continuo de compresas en cirugía, con una metodología en innovación y emprendimiento, sometido a la influencia de variables en condiciones controladas y conocidas para observar los resultados.

Resultados para la validación del funcionamiento del prototipo, se describen los elementos definitivos: un recipiente, 3 módulos y un soporte metálico que permite la sincronización entre los tres módulos para ser ubicados directamente en el recipiente. El módulo del emisor se encarga de emitir una señal infrarroja todo el tiempo, el cual recibe la señal emitida por el emisor y realiza el tratamiento a la señal recibida para pasarla al módulo del display.

Conclusiones con base en los objetivos se elaboró el diseño de un prototipo de automatización que reúne las necesidades requeridas en cirugía para un óptimo recuento de compresas; la ejecución de la prueba piloto con resultado del 100% de funcionamiento, comprueba que en su fase inicial proporciona al Instrumentador Quirúrgico confianza en el recuento de compresas, siendo un aporte a la prevención de eventos adversos y seguridad del paciente; la construcción del manual de instrucciones ofrece una guía práctica que orienta su manejo ; el desarrollo del plan de marketing en su fase inicial, comprende la organización estratégica y acciones a ejecutar progresivamente con aportes a la construcción y actualización permanente del prototipo de automatización, hasta que logre alcanzar los objetivos de negocio como dispositivo.

Abstract**Title**

Development of an Automation Prototype for Continuous Compress Counting in Surgery

Author

Álvarez Suárez Lina Margarita, López Maldonado Dayana Katerine and Osuna Calderón
Milady Rocio

Keywords

Compress, adverse event, prototype, count, patient safety

Description

Adverse events can occur with respect to care practice, products, medications, procedures, infrastructure. Progress in patient safety consists of a common effort aimed at improving the performance of health service delivery (OMS, s.f.).

The objective of the research is to elaborate the design of a prototype for the continuous counting of compresses in surgery, with a methodology in innovation and entrepreneurship methodology for the design, subjected to the influence of variables in controlled and known conditions to observe the results. Results For the validation of the prototype operation, the description of the definitive elements is made: a container, 3 modules and a metallic support that allows the synchronization between the three modules to be placed directly in the container. The emitter module is in charge of emitting an infrared signal all the time, which receives the signal emitted by the emitter and processes the received signal to pass it to the display module.

Conclusions Based on the stated objectives it is concluded that: the design of an automation prototype that meets the needs required in surgery for an optimal counting of compresses. The execution of the pilot test with a result of 100% operation, proves that this

prototype in its initial phase provides the Surgical Instrumentator with confidence in the counting of compresses, also, it is a contribution to the prevention of adverse events and patient safety; the construction of the instruction manual offers a practical guide that orients the personnel of the surgical area in its handling. The development of the marketing plan in its initial phase, comprises the strategic organization and actions to be executed progressively with contributions to the construction and permanent updating of the automation prototype, until it manages to achieve the business objectives as a device.

Introducción

Para la Organización Mundial de la Salud OMS, “existe cierto grado de peligrosidad inherente a cada paso del proceso de atención en salud”. Los eventos adversos pueden presentarse respecto a la práctica asistencial, productos, medicamentos, procedimientos, infraestructura. El progreso en la seguridad del paciente consiste en un esfuerzo en común que se inclina a mejorar en el rendimiento de la prestación del servicio en salud (OMS, s.f.).

En el presente proyecto se realiza un estudio sobre el diseño de un prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas en cirugía. Esta investigación fue planteada por observación en la práctica, donde el Instrumentador Quirúrgico carece de control constante en la cantidad de compresas desechadas en el recipiente durante un procedimiento quirúrgico y depende del auxiliar de enfermería para su recuento parcial y final, donde existe postergación cuando se realiza la solicitud, esto debido a que el auxiliar de enfermería cumple múltiples funciones en sala, lo que impide que se realice de forma oportuna y sea un factor predictivo a evento adverso.

Es importante profundizar la investigación mediante la elaboración del diseño del prototipo en diferentes etapas

Etapla I: Consiste en realizar el diagrama esquemático donde se van a proponer varias alternativas de diseño para conseguir una distancia de 50 cm como mínimo en la emisión de luz, visualizarlo en un display siete segmentos y que cada vez que se interrumpa el haz de luz incremente el número, a través de la herramienta Arduino.

Etapla II: Realizar los caminos y el diagrama en una tarjeta electrónica.

Etapla III: Ensamble en una caja sellada para realizar pruebas de funcionamiento en el recipiente donde se desechan las compresas.

Etapa IV: Construcción del manual de instrucciones.

A su vez la construcción de un plan de marketing que a futuro pueda presentarse en las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS), para permitir el desarrollo del prototipo como un dispositivo y poder lograr un emprendimiento con él más adelante.

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del Problema

La Organización Mundial de la Salud OMS, define el evento adverso como el resultado de una atención en salud que de manera no intencional produce daño. La literatura indica los múltiples estudios por eventos adversos, con porcentajes considerables de olvido de gasas, compresas e instrumental quirúrgico en la cavidad del paciente. Pueden estar asociados a diferentes factores como la prolongación de tiempo quirúrgico, que conlleva a varias entregas de turno en un paciente, procedimientos de emergencia donde existe masivo número de compresas para el recuento, instrumental y demás elementos, agotamiento del personal de salud en turnos nocturnos, ausencia de protocolos institucionales, asimismo, falta de entrenamiento al personal de recién ingreso y capacitación continua para todo el personal, además, la ausencia de cultura de seguridad del paciente. (OMS, 2019)

En el artículo “Seguridad del paciente y cultura de seguridad” se indica un ejemplo en la debilidad de la cultura de seguridad del paciente en la implementación de la lista de verificación quirúrgica (LVQ) referida por la Organización Mundial de la Salud OMS, donde existen barreras para su puesta en marcha como “considerada imposición, duplicidad de tareas, falta de adaptación a las necesidades locales y en ocasiones sensación de ridículo” (Rocco y Garrido, 2017).

El Instrumentador Quirúrgico tiene la responsabilidad del cumplimiento de los protocolos institucionales, a su vez la organización de la lista de chequeo con revisión de insumos y equipos antes de ingresar el paciente a la sala de cirugía; al finalizar el procedimiento su función consiste en el diligenciamiento de documentos donde comprueba recuentos completos de compresas, gasas, cotonoides, instrumental, entre otros. De acuerdo a la observación desde la perspectiva de

estudiante, el Instrumentador Quirúrgico carece de control constante en la cantidad de compresas desechadas en el recipiente durante un procedimiento quirúrgico y depende del auxiliar de enfermería para su recuento parcial y final, donde existe postergación cuando se realiza la solicitud, teniendo en cuenta que el auxiliar de enfermería cumple múltiples funciones en sala, lo que impide que se realice de forma oportuna y sea un factor predictivo a evento adverso. El ideal sería que el Instrumentador Quirúrgico pudiera verificar la cantidad de compresas desechadas en el recipiente de forma continua y así controlar las compresas que se encuentran en el recipiente y aquellas que tiene en el área estéril. Por esto es pertinente la innovación en las instituciones prestadoras de servicios de salud para mejorar la calidad en los procesos, prevenir eventos adversos y ofrecer seguridad al paciente.

Se estima que la incidencia del oblitio quirúrgico oscila entre 1/8.000 – 18.000 intervenciones quirúrgicas, 1/1500 laparotomías aproximadamente. (Chinelli, Javier; Olivera, Eduardo; Rodríguez, 2016) Tanto en México como en otros países la incidencia de estos eventos es poco reportados debido a las consideraciones medicolegales ya que implican una responsabilidad a los profesionales quirúrgicos implicados. En una encuesta anónima que se realizó a 93 cirujanos, encontraron que el 32% reconocieron haber dejado una compresa en cavidad abdominal durante alguna de sus cirugías, el 80% afirmaron haber manejado alguna vez un textiloma y un 94% reconocieron conocer algún colega que habría incurrido en este error técnico. (Domínguez & Chamorro, 2021)

1.2 Pregunta de Investigación

¿Cómo desarrollar un prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas que contribuya en la prevención de eventos adversos en cirugía?

2. Justificación

Existe un intento consciente del personal de salud por evitar lesiones al paciente, sin embargo, se siguen experimentando daños evitables que siguen siendo la causa de estudio en el mundo como el tema de seguridad de paciente que toma gran valor y se considera un objetivo en común por el que todas las instituciones de salud deben unir esfuerzos y trabajar día a día.

La Organización Mundial de la Salud OMS con el lema “ante todo, no hacer daño” lidera la política global de seguridad del paciente y hace responsable a las instituciones, personal de salud para ejercer con idoneidad, compromiso la prestación de un servicio (OMS, 2004).

El propósito de esta investigación es aportar a la prevención de eventos adversos (oblito quirúrgico) y seguridad del paciente desde la visión del Instrumentador Quirúrgico, con el diseño de un prototipo innovador que permita al Instrumentador Quirúrgico en un procedimiento controlar con un registro de manera continua la cantidad de compresas desechadas en el recipiente y así confirmar las compresas que tiene en el área estéril; a su vez, como apoyo para el auxiliar de enfermería, pues reemplaza su función de realizar el recuento parcial y final cuando el Instrumentador Quirúrgico lo solicita. Al realizar la revisión bibliográfica en el contexto internacional se encuentra la tecnología que utiliza la radiofrecuencia (RF) de baja frecuencia para minimizar el oblito quirúrgico; asimismo en el contexto nacional una investigación similar en el departamento de Caldas, con un dispositivo electrónico estéril que mediante el uso de sensores identifica material textil e instrumental en los procedimientos antes de suturar, la cual ha ayudado a tener procesos quirúrgicos más seguros en el momento en que se pueda presentar un posible oblito quirúrgico.(Espinosa & Zuluaga, 2019)

Si bien la innovación trae consigo la probabilidad de eventos adversos, el proyecto se fundamenta en la seguridad del paciente, donde la innovación aunado a estos procesos que se

presentan durante cirugía dan como resultado procedimientos de calidad y confianza para el paciente. Se evidencia una necesidad en el desarrollo de iniciativas de innovación orientadas a estrategias preventivas y no solo curativas, a través de un empoderamiento hacia el paciente en el cuidado de su salud. (Bravo Ibarra et al., 2016) Aun así, con la relevancia que ha tenido la innovación en el sector de la salud en las últimas décadas, su implementación se vuelve complicada, justificándose en los retos que implica su realización, como lo son la ausencia del compromiso del gobierno con los cambios, la oposición a una transformación organizativa por parte del talento humano y el déficit en los recursos necesarios para la implementación de iniciativas en innovación que sean sostenibles. (Bravo Ibarra et al., 2016) Las Instituciones Prestadoras de Salud, deberían orientar sus procesos a un continuo mejoramiento en el marco del emprendimiento dando como resultado una alternativa efectiva frente a las problemáticas que las afecten, permitiendo un análisis costo-efectividad de sus procesos, dando la posibilidad de prestar unos servicios completos que mejoren la calidad de vida de sus pacientes a un menor costo, agregándole valor al sistema de salud.(Remedios et al., 2017)

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo automatizado para el recuento continuo de compresas en cirugía.

3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un prototipo para el recuento automático de compresas en cirugía.
- Realizar pruebas in vitro del prototipo automatizado para el recuento de compresas en cirugía.
- Desarrollar un plan de marketing para el prototipo de recuento automático de compresas.

4. Marco Referencial

4.1 Antecedentes Históricos

Siempre se ha esperado que el personal de la salud realice una atención al paciente con vocación, es decir, con interés, inspiración y conocimiento hasta lograr su rehabilitación.

Con el paso del tiempo diversas culturas han realizado acciones para mejorar la atención en salud de los pacientes. Durante la historia de la seguridad del paciente en los albores de la civilización, se indican cinco etapas en la historia de la seguridad del paciente: (Rodríguez y Losardo, 2018).

4.1.1 Albores de la Civilización (*Lejano y Medio Oriente*)

- Mesopotamia, se encontraron los primeros escritos médicos, leyes o normas para una atención más segura del enfermo. La ley 218 se toma como origen de la “ley del Talió” que dispone una proporcionalidad entre el daño recibido en un crimen y el daño producido en el castigo. “Talió” significa idéntico o semejante (Moncho, 2016); (Rodríguez & Losardo, 2018).
- Hindú, textos védicos 2000 años a.C. Texto más conocido “Ayurveda” se ordena que el estudiante y practicante del arte de sanar se debe consagrar en “alma y cuerpo” al bien de los enfermos. Así inicia la seguridad del paciente como dominio vocacional (Rodríguez y Losardo, 2018).
- China y su medicina tradicional 1400 a.C. textos y tratados médicos que indican la responsabilidad del buen actuar del sanador y su deber con la recuperación de la salud del enfermo. (Rodríguez & Losardo, 2018)

4.1.2 Periodos Helenista y Romano (*Occidente*)

- Civilización Helénica 1200 a.C. Aportes a la humanidad: que la medicina buscara en la razón la causa de la enfermedad y tratamiento, seguido del desarrollo de los principios

higiénicos en la atención. Con Hipócrates de Cos (c. 460-370 a.C.) se resalta el juramento hipocrático “Dirigir el tratamiento con los ojos puestos en la recuperación de los pacientes, en la medida de mis fuerzas y de mi juicio y abstenerme de toda maldad y daño” (Rodríguez & Losardo, 2018).

- Civilización Romana, el emperador Alejandro Severo (225-235 d. C.) decretó la normalización de la enseñanza de la medicina, con el propósito de afianzar la calidad y seguridad de la práctica profesional en el Imperio Romano (Rodríguez & Losardo, 2018).

4.1.3 Humanismo-Renacimiento Hasta la Revolución Industrial

- Los avances de la medicina disminuyeron entre la caída del Imperio Romano de Occidente (476 d.C.). (Rodríguez & Losardo, 2018)
- En el Humanismo y Renacimiento, la medicina se restablece en relación con la ciencia y la seguridad del acto médico. Los médicos sobresalen por su formación y corrección de errores, Ignaz Philipp Semmelweis (1818-1865) planteó en 1847 que los médicos realizaran lavado de sus manos con una solución antiséptica; Florence Nightingale (1820-1910) estableció los principios de la técnica aséptica en la atención de las heridas durante la guerra; Joseph Lister (1827-1912) en 1867, instauró el uso de antisépticos en la limpieza del instrumental, manos de los cirujanos y heridas (Rodríguez & Losardo, 2018)

4.1.4 Era del Control Estadístico de la Calidad (Siglo XX)

- Ernest Codman (1869-1940) cirujano y padre de la calidad asistencial, publicó en 1916 sus postulados sobre la gestión de la calidad. En 1964 Elihu M. Schimmel, gastroenterólogo, publicó “los peligros de la hospitalización”, (Schimmel, 1964) donde alerta sobre los daños por iatrogenia que sufrían los admitidos en un hospital que auditó. Es así como la

identificación de resultados no deseados en los servicios de salud fue ganando importancia en el mundo (Rodríguez & Losardo, 2018).

4.1.5 *Publicación Errar es Humano, Lanzamiento de los Primeros Retos Globales de la OMS y el Estudio IBEAS (Siglo XXI)*

En 1999, el Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. (Institute of Medicine, National Academy of Sciences-IoM, NAS) publicó el informe “Errar es humano: la construcción de un sistema de salud más seguro” (Instituto de Medicina et al., 2000), las conclusiones de este motivaron a los líderes políticos y administrativos a examinar la seguridad de los pacientes.

En 2002, en Ginebra, la OMS, en la 55ª Asamblea Mundial de la Salud, planteó desarrollar estrategias conjuntas para mejorar las deficiencias en la atención en salud.

En 2004, la 57ª Asamblea Mundial de la salud motivó la fundación de la Alianza Mundial para la seguridad del paciente, actualmente llamada programa para la seguridad del paciente (Rodríguez & Losardo, 2018).

En 2005, la OMS creó esa Alianza y lanzó el primer Reto Global de atención Segura OPS-OMS llamado “Atención limpia es una atención segura” (Organización Mundial de la Salud, 2011) (OMS, s.f.), el segundo Reto Global: “Cirugía segura”, el tercer Reto Global: “Medicación sin daños”. (World Health Organization, 2017); (Rodríguez & Losardo, 2018)

En 2007, se realizó el estudio IBEAS (sobre la prevalencia de efectos adversos en hospitales de Latinoamérica) en América Latina, desarrollado en conjunto con la OMS Y OPS. (Aranaz-Andres et al., 2011); (Rodríguez & Losardo, 2018).

El Dr. Carlos Vaquero Puerta, argumentó que, en la segunda mitad del siglo XX, es donde se produce la contribución de la medicina de las nuevas tecnologías.

En un análisis global, se considera que las guerras han sido las impulsadoras, donde la especie humana ha sacado tajada de sus avances tecnológicos para aplicarlos a la medicina. El Renacimiento es uno de los periodos más brillantes en todos los campos del conocimiento, es donde se diseñaron nuevos instrumentos por la necesidad de dar solución a las heridas de la guerra. (Puerta, 2018)

Se resalta la incorporación de los Rayos X descubiertos por Roentgen hace más de 100 años para el diagnóstico y que posteriormente se han aplicado en el tratamiento; su uso sigue vigente. El microscopio aportó un valor relevante en el campo del diagnóstico. Nuevas fuentes de energía y procedimientos se han aunado a la innovación de la medicina, los ultrasonidos aplicados al diagnóstico, la resonancia nuclear magnética, el microscopio electrónico en sus aportes a la investigación. La innovación también ha llegado al lado farmacológico, con la aparición de nuevos productos. La cirugía clásica está desapareciendo y es sustituida por nuevas tecnologías con desarrollo y práctica mínimamente invasiva (Puerta, 2018).

Colombia, en el año 2012 creó el Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud (IETS) con el propósito de promover el acceso equitativo, eficiente y sostenible de tecnologías de calidad a todos los ciudadanos; focalizando las evaluaciones en la evidencia científica o medicina basada en la evidencia, realizando guías y protocolos sobre medicamentos, dispositivos, procedimientos y tratamiento (Lizcano & Camacho, 2019).

Entre los aportes del economista austro-estadounidense Joseph Schumpeter (1883-1950) se encuentra la construcción de la teoría del desarrollo económico sustentada en los procesos de innovación y desarrollo tecnológico y en el cambio sociocultural. Introdujo el concepto de innovación como causa del desarrollo y el empresario innovador como propiciador en los procesos de innovación (Mendizábal, 2019)

Por otro lado, el 17 de junio de 1941 el Doctor Roque Masciottra, empleó el vocablo oblito por primera vez al exponer en la Sesión de la Asociación Argentina de Cirujanos un trabajo sobre “cuerpo extraño en vejiga” e invitaba a “proponer un nombre, una designación adecuada, precisa y sintética para esta particular entidad nosológica” (Szafir & Silva, 2014).

4.2 Marco Teórico

La Organización Mundial de la Salud OMS, define la seguridad del paciente “como un principio fundamental de la atención sanitaria, su objetivo es prevenir y reducir los riesgos, errores y daños que sufren los pacientes durante la prestación de la asistencia sanitaria” (OMS, s.f.). El principio “Primum Non Nocere” está latente en cada acto asistencial, donde se considera que cada profesional es competente y responsable. Teniendo en cuenta el artículo “Beneficencia y no maleficencia”, es un principio hipocrático que refiere ante todo no dañar, así mismo, *Neminem Laedere* que significa no dañar a nadie (Zerón y Gutiérrez de Velasco, 2019).

Cada vez es mayor la complejidad en la atención al paciente, ya que el personal de salud interactúa con diferentes factores como responsabilidades, disponibilidad de dispositivos médico-quirúrgicos, equipos, infraestructura que pueden ser la causa de los frecuentes eventos adversos. (Rocco & Garrido, 2017)

Rocco y Garrido, clasifican en 8 categorías las dimensiones de la calidad asistencial, donde se destacan la atención centrada en el paciente y la seguridad del paciente, que implica practicar una atención libre de daños evitables, a su vez, menciona los fundamentos de la seguridad asistencial en dos líneas de pensamiento: (Rocco & Garrido, 2017).

La teoría del error de Reason que asume que el ser humano tiene el potencial de equivocarse, fallar; aunque sus esfuerzos sean por evitarlos, los errores seguirán ocurriendo, por cuanto es pertinente que los procesos se rediseñen.

La cultura de seguridad (CS) es la cultura no punitiva en la que los errores son una fuente de aprendizaje en lugar de ser utilizados para culpabilizar. Promueve las prácticas seguras en organización, desarrollo con evaluación continúa permitiendo reevaluar los hábitos entendidos como “normales” (Vincent et al., 2006) (Rocco & Garrido, 2017)

Pero según el Manchester Patient Safety Framework (MaPsaF) existen 5 fases de la cultura de seguridad: (Westrum, 2004)

- Fase patológica: “¿A quién le importa la seguridad si no nos pillan?”
- Fase reactiva: “Hacemos algo cada vez que sucede un evento adverso”.
- Fase calculativa: “Tenemos sistemas para manejo de evento adverso”.
- Fase proactiva: “Nos anticipamos a los problemas de seguridad”.
- Fase generativa: “Tenemos un sistema centrado en la seguridad”.

El gran objetivo de la seguridad del paciente es reducir el daño y secundario reducir el error (Rocco & Garrido, 2017)

Desde el enfoque del Instrumentador Quirúrgico, Henry David Tole y Nicole Cadavid, hacen referencia que, si bien es cierto que errar es humano, también, lo es el hecho de adoptar las medidas y precauciones para que no se presenten equivocaciones. En la actualidad la seguridad del paciente en cirugía es rigurosa por la complejidad de los procedimientos quirúrgicos. (Tole & Cadavid, 2018)

La responsabilidad del Instrumentador Quirúrgico es inherente al cumplimiento de los protocolos institucionales, así como, la organización de la lista de chequeo con verificación estricta del instrumental, insumos y equipos antes de ingresar el paciente a la sala de cirugía, igualmente, el correcto registro y diligenciamiento de documentos de entrega de especímenes, recuento de instrumental, compresas, gasas, agujas de manera clara, legible, sin tachones ni

enmendaduras; que incluya fecha, hora, nombre y firma de quien realiza la atención con las observaciones que considere pertinentes. (Tol & Cadavid, 2018)

Se relación algunas iatrogenias con el Instrumentador Quirúrgico como lo son quemaduras, recuentos incompletos, manejo inadecuado de especímenes, diligenciamiento incorrecto de registros y falta de verificación del estado de los equipos (Tol & Cadavid, 2018)

Teniendo en cuenta que los recuentos incompletos hacen parte de las iatrogenias relacionadas con el Instrumentador Quirúrgico, se señala que entre los factores de riesgo asociados al oblitio se encuentran:

Cirugías de urgencia, cambio inesperado del plan quirúrgico, obesidad, múltiples equipos quirúrgicos, excesiva pérdida de sangre, cambio de personal durante una cirugía, cansancio del equipo de cirugía, múltiples procedimientos en el mismo acto quirúrgico. (Navarro & Mansilla, 2016).

Cabe resaltar la responsabilidad del Instrumentador Quirúrgico en la verificación del total de gasas, compresas u otros elementos que pueden ser olvidados dentro del cuerpo del paciente; por eso se recomienda implementar planillas administrativas con verificación de cantidades, por cuanto la existencia de casos de intervenciones por oblitio es atribuida a la inexistencia de protocolos, falta de comunicación y distracción de los profesionales.

Concluyendo que los accidentes por oblitio se pueden evitar formalizando la aplicación de un check list, mejorando la comunicación y con un personal comprometido con el paciente y la institución. (Navarro & Mansilla, 2016)

Al llevar a cabo la revisión bibliográfica, se encuentran estudios como el “Oblitio Quirúrgico Error Involuntario en el Ejercicio de la Instrumentación, Compresa Quirúrgica Retenida Posterior a Cesárea Electiva, Instrumentador Quirúrgico: Iatrogenia, Eventos

Frecuentes y Responsabilidad en el Quirófano y Panorama Latinoamericano del Cuerpo Extraño Olvidado en el Interior del Paciente, desde la Vista del Instrumentador Quirúrgico”, sobre eventos adversos por olvido de material quirúrgico (gasas, compresas, instrumental) con diferente porcentaje de acuerdo con la vía de abordaje y especialidad; su análisis se basa en las complicaciones postoperatorias y el impacto sobre la salud física y psicológica del paciente.

Estos estudios adolecen de acciones de mejora en la atención para prevenir los eventos adversos; Nataly Castilla, Heidy Paola Gómez, María Raquel Quintero, indican los métodos de seguridad en el quirófano como: (Castilla et al., 2017)

La lista de chequeo (LC) o verificación que de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene como propósito reforzar las prácticas de seguridad ya aceptadas, fomentar la comunicación y el trabajo en equipo entre las distintas disciplinas clínicas.

Esta lista contribuye a asegurar que los equipos quirúrgicos acojan medidas de seguridad esenciales y minimicen los riesgos evitables en la atención del paciente (Castilla et al., 2017).

Reduciendo de forma significativa la tasa de complicaciones del 11 al 7%, la de mortalidad del 1.5 al 0.8%; siendo implementada en diferentes países del mundo con resultados variables. (López-Gavito et al., 2016)

Presenta 3 fases:

- Entrada: Periodo anterior a la inducción de la anestesia.
- Pausa quirúrgica: Periodo posterior a la inducción de la anestesia y anterior a la incisión quirúrgica.
- Salida: Periodo de cierre de la herida quirúrgica o inmediatamente posterior, pero anterior a la salida del paciente del quirófano. (Castilla et al., 2017) Ver figura 1.

Figura 1*Lista OMS de Verificación de la Seguridad de la Cirugía*

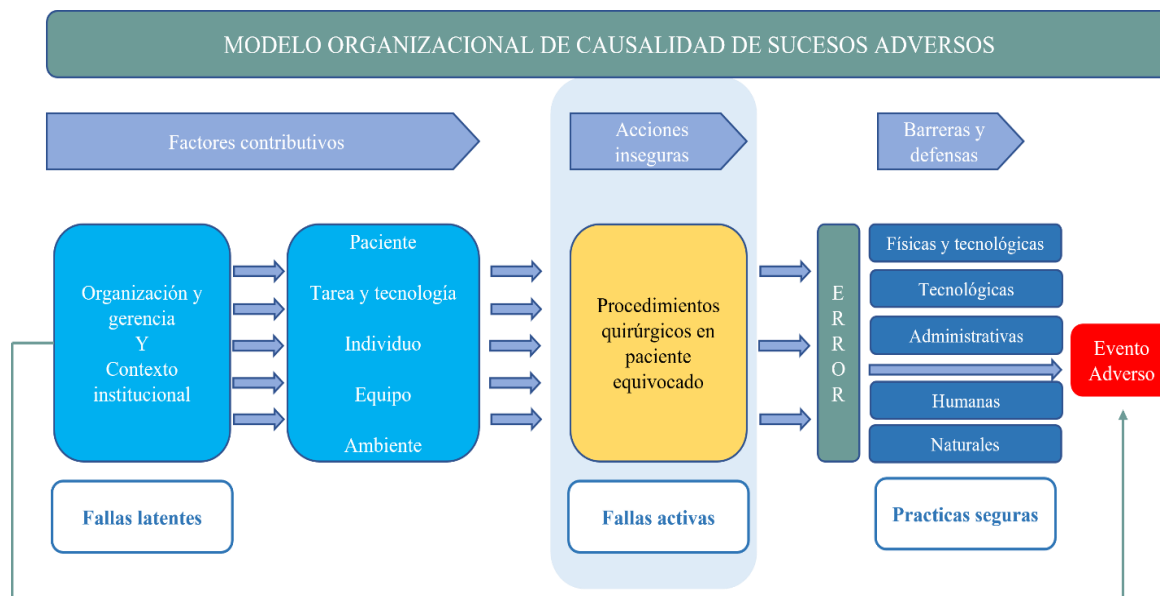
Lista de Verificación de la Seguridad de la Cirugía (1ª edición)		
Antes de la inducción de la anestesia	Antes de la incisión cutánea	Antes de que el paciente salga del quirófano
Entrada	Pausa Quirúrgica	Salida
- El paciente ha confirmado Su identidad - El sitio quirúrgico - El procedimiento - Su consentimiento Demarcación del sitio / No procede.	Confirmar que todos los miembros del equipo se hayan presentado por su nombre y función - Cirujano, anestesista y enfermero confirman verbalmente: - La identidad del paciente - El sitio quirúrgico - El procedimiento Previsión de eventos críticos - El cirujano revisa: Los pasos críticos o imprevistos, la duración de la operación y la pérdida de sangre prevista - El equipo de anestesia revisa: Si el paciente presenta algún problema específico - El equipo de enfermería revisa: Si se ha confirmado la esterilidad (con resultados de los indicadores) y si existen dudas o problemas relacionados con el instrumental y los equipos ¿Se ha administrado profilaxis antibiótica en los últimos 60 minutos? - Sí - No procede ¿Pueden visualizarse las imágenes diagnósticas esenciales? - Sí - No procede	El enfermero confirma verbalmente con el equipo: - El nombre del procedimiento realizado - Que los recuentos de instrumentos, gases y agujas son correctos (o no proceden) - El etiquetado de las muestras (que figure el nombre del paciente) Si hay problemas que resolver relacionados con el instrumental y los equipos. - El cirujano, el anestesista y el enfermero revisan los principales aspectos de la recuperación y el tratamiento del paciente

Nota: Adaptado de OMS. Lista OMS de Verificación de la Seguridad de la Cirugía, Manual de Aplicación. La cirugía segura salva vidas. 2008.

En cuanto al Protocolo de Londres su intención es promocionar una investigación clara y objetiva de los incidentes clínicos, es decir, ir más allá de identificar la falla o determinar quién tuvo la culpa. Durante el análisis de un incidente cada uno de los elementos se considera por separado iniciando por las acciones inseguras (acciones u omisiones), seguido de las barreras que fallaron hasta llegar a la cultura y procesos organizacionales. (Castilla et al., 2017) Ver figura 2.

Figura 2

Protocolo de Londres



Nota: Adaptado de Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Mejorar la seguridad en los procedimientos quirúrgicos. s.f.

Para el monitoreo de aspectos claves en la seguridad del paciente, se han creado varias medidas:

- Los indicadores que permiten evaluar el estado de un proceso institucional; existen indicadores de estructura, proceso y resultado.
- Los programas de monitoreo que entre ellos se encuentra la tecnovigilancia, farmacovigilancia y hemovigilancia.
- Las actividades que facilitan la vigilancia de ocurrencia de eventos adversos: rondas de seguridad cuyo objetivo es conocer la percepción de los colaboradores sobre la seguridad de la atención en el servicio y contribuir a la cultura de seguridad; paciente trazador que consiste en un método efectivo para rastrear la calidad de atención de un paciente en la actualidad ya que depende más de un equipo que de un individuo. Por este motivo todo el

personal de salud debe entender que sus acciones dependen de otros y condicionan las de alguien” (Castilla et al., 2017).

Otro punto es que en múltiples ocasiones se recurre a la realización de un estudio radiológico portátil para la búsqueda de gasas, compresas intracorporales cuando los recuentos en los procedimientos son incompletos, asimismo, cuando el paciente presenta en el postoperatorio una sintomatología que puede ser aguda o tardía con sospecha de oblito quirúrgico. De acuerdo con el análisis costo-efectividad no es una estrategia viable, además de la carga de radiación que recibe el paciente. Pero con la llegada de los marcadores radiopacos en gasas, compresas es más sencillo identificar un cuerpo extraño; existen diferentes métodos como la tomografía computarizada y el ultrasonido que también ayudan a su detección. (Calle & Baca, 2019)

Acerca de la tecnología de radiofrecuencia (RFD) se considera que es un método de prevención para disminuir las complicaciones de elementos retenidos en un paciente. Esta tecnología utilizada en la industria se ha aplicado a las esponjas de laparotomía que son utilizadas en cirugía; el emisor de RF se ha incorporado en el producto para evitar el desprendimiento, el chip de RF está insertado en la tela de las esponjas; en algunas ocasiones se utiliza una varita conectada a una consola que produce una alarma audible y visual para la detección en el momento de escanear al paciente; la antena de ultra alta frecuencia es golpeada por una onda electromagnética que genera una corriente eléctrica que activa el chip, a su vez, éste envía una respuesta con su número de serie y un código de producto electrónico; cada elemento textil tiene identidad única. (Calle & Baca, 2019)

Un sistema de esponja RFID reduce el Gossypiboma con un dispositivo de mano para realizar un conteo automatizado de esponjas inventariadas antes, durante y después de la cirugía,

minimizando así el error humano”. Los autores de esta investigación indican que el empleo de la radiofrecuencia debe ser una estrategia de prevención para minimizar las complicaciones como resultado de elementos retenidos (Calle y Baca, 2019).

Igualmente, como referencia a la innovación en dispositivos que aporten a la prevención de eventos adversos y fortalezcan la seguridad del paciente, se promueve el desarrollo de un dispositivo electrónico estéril que mediante el uso de sensores permita hallar material textil e instrumental en los procedimientos antes de suturar; en consideración a que algunas instituciones de salud han presentado casos en que los profesionales dejan en olvido instrumental y/o material textil. Este dispositivo electrónico para la identificación de apósitos o instrumental quirúrgico se desarrolló en 6 fases: concepto de producto, diseño funcional, Prototipado virtual, prototipo funcional y Preseries; reduciendo pérdidas económicas por demandas a la institución y minimizando el riesgo de eventos adversos (Espinosa & Zuluaga, 2019).

Con respecto a la inclusión de tecnología en salud esta es considerada un proceso de mejoramiento continuo en la calidad en la prestación de servicios. Dentro de estos procesos de inclusión se requiere la evaluación con el propósito de reunir, observar, simplificar la información, que aporte, en las decisiones para la adquisición de nueva tecnología; En un enfoque hospitalario para la incorporación de dispositivos médico indica que de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud OMS, existen organizaciones especializadas en la evaluación de tecnologías en salud, para ayudar a reconocer tecnologías inútiles, como tecnologías que incentiven la innovación de dispositivos. “A nivel internacional se encuentra la Sociedad Internacional de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (HTA) y la Red Internacional de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (INA HTA); con el apoyo de la Organización Mundial de la Salud OMS se han comprometido con el desarrollo de la evaluación de tecnología en salud

(ETS)”. Su planteamiento está dirigido a evaluar aspectos de eficacia, seguridad, técnicos y relación costo-efectividad. Teniendo en cuenta la seguridad del paciente y el desempeño del personal de salud, el programa integral para la gestión de tecnología médica debe asegurar que todas las tecnologías se desempeñen acorde a las instrucciones del fabricante. (Lizcano & Camacho, 2019)

Desde el enfoque de emprendimiento se enlaza el carácter académico e investigativo con el fin empresarial, agilizando la creación de empresas con respuesta en ciencia, tecnología e innovación (CTeI), a su vez, está destinado a consolidar la constitución de empresas con la generación del conocimiento, respondiendo a la nueva economía industrial que requiere de la competencia para encontrar diferentes alternativas de solución, asimismo, medios y recursos para lograr los objetivos. Se puntualiza la inclusión de clases de emprendimiento en las universidades como una cultura en todas las fases educativas, igualmente se considera pertinente dotar a los emprendedores en la capacidad de reconocer oportunidades por medio de la observación, la generación de soluciones creativas y el aprendizaje en la realización de prototipos. (Gutiérrez et al., 2016)

4.3 Estado del Arte

Este proyecto se fundamenta en la seguridad del paciente que con lleva a prevenir los eventos adversos en la atención en cirugía; la innovación es un aporte para mejorar la calidad de los procesos en las instituciones de salud. Por esto se realiza una revisión bibliográfica nacional e internacional con el propósito de la apropiación del conocimiento, encontrar antecedentes y avances que se han logrado, a su vez, evitar duplicar esfuerzos o repetir lo que ya se ha hecho. A medida que se avanza se conoce el tema de estudio para plantear novedades.

4.3.1 Investigaciones Internacionales

La seguridad del paciente (SP) es un componente esencial de la calidad asistencial y la condición previa para la realización de cualquier actividad clínica, a su vez, la cultura de seguridad (CS) es el conjunto de valores y normas comunes a los individuos dentro de una misma organización. Como conclusión argumentan que a pesar de que los profesionales de la salud son más conscientes del daño, los pacientes siguen experimentando daños evitables durante sus atenciones de salud, además, expresan que la seguridad del paciente sigue siendo un problema de salud pública; promueven avanzar en la seguridad del paciente con la implementación del sistema de notificación de incidentes y eventos adversos, con una cultura no punitiva (cultura de seguridad) centrando el análisis en lo que pasó y no en quién lo hizo. Dando un aporte al proyecto en los fundamentos de la seguridad asistencial. (Rocco y Garrido, 2017).

En el año 2016 desde la visión del Instrumentador Quirúrgico en Argentina, Navarro y Mansilla, realizaron la investigación sobre la importancia del Instrumentador Quirúrgico en la prevención de oblitos. El objetivo era conocer las causas de los accidentes por olvido. La conclusión más relevante de esta investigación y de aporte al proyecto es que el olvido se puede evitar aumentando el control, formalizando la aplicación de un check list, mejorando la comunicación y con personal comprometido con el paciente y la institución (Navarro y Mansilla, 2016).

Los artículos quirúrgicos retenidos (RSI) pueden ocasionar un perjuicio a los pacientes, a su vez, adicionar costos no reembolsados y dañar el buen nombre de la institución de salud; así lo afirma Steelman et al., cuyo objetivo fue evaluar el efecto de un sistema de detección de esponjas quirúrgicas por radiofrecuencia (RF) sobre el tiempo utilizado en la búsqueda de esponjas quirúrgicas. Posterior a la implementación del sistema se evidencia reducción del

tiempo en: búsqueda de esponjas en un 79.58%, recuentos no conciliados en un 71.28%, radiografías para descartar una esponja retenida en un 46.31%. Como conclusión relevante y de aporte a esta investigación se encuentra que la tecnología que utiliza radiofrecuencia (RF) de baja frecuencia puede reducir el tiempo y los costos asociados con los recuentos de esponjas no conciliados, aumentando la seguridad del paciente (Steelman et al., 2019).

Los autores Calle Ponte, Tirsa Claudia Acurio Baca, Jackeline, realizaron una investigación para analizar y sistematizar las evidencias sobre la efectividad del uso de la radiofrecuencia en la detección de esponjas quirúrgicas retenidas. Como aporte a esta investigación se evidencia que es efectivo 100% el uso de radiofrecuencia en la detección de esponjas quirúrgicas retenidas, debido a que presentan alta precisión y sensibilidad para la detección aportando a favorecer la calidad de seguridad que se ofrece al paciente quirúrgico. (Calle y Baca, 2019).

La revista mexicana de ingeniería biomédica, publico un artículo sobre la evaluación de tecnologías en salud con un enfoque hospitalario para la incorporación de dispositivos médico. Como discusión los autores Lizcano –Jaramillo, J.E. Camacho-Cogollo exponen que la gestión tecnológica en salud es uno de los procesos fundamentales desarrollados en las instituciones de salud para obtener óptimos resultados y una buena implementación de los recursos financieros. Las conclusiones más pertinentes y de aporte en este proyecto son: las evaluaciones de tecnología en salud (ETS) proporcionan información para la toma de decisiones en la incorporación de dispositivos médicos; su contribución es mejorar la seguridad de los pacientes por medio de la implementación de tecnología eficaz y económicamente rentable (Lizcano & Camacho, 2019).

4.3.2 *Investigaciones Nacionales*

En el año 2017 se realizó una investigación en la que se ejecutó una revisión bibliográfica que describe los avances, logros y expectativas sobre el tema de seguridad del paciente en Colombia; su objetivo fue concretar los aspectos más importantes a tener en cuenta durante la atención de los pacientes en el servicio de salas de cirugía y evidenciar las prácticas inseguras para determinar las mejoras a realizar. Como conclusión más relevante y de aporte al proyecto es la necesidad de seguir investigando acerca de la eficacia y efectividad de las medidas de prevención de los eventos adversos prioritarios por su frecuencia o impacto (Castilla et al., 2017)

Desde el enfoque del instrumentador quirúrgico, se publicó un artículo en el año 2018, su objetivo fue establecer los conceptos de iatrogenia y responsabilidad en los eventos en el quirófano con base en las funciones del Instrumentador Quirúrgico. Como conclusión se contextualiza el término de iatrogenia desde el saber de Instrumentador Quirúrgico, identificando los más frecuentes daños al paciente en el quirófano relacionadas con las funciones del profesional; el aporte para el proyecto lo fundamenta en la seguridad del paciente, con la rigurosa organización de la lista de chequeo y verificación de equipos antes de iniciar el procedimiento quirúrgico, asimismo, el correcto diligenciamiento de los documentos que prueban el recuento de compresas y demás elementos (Tole & Cadavid, 2018)

La creatividad y la invención hacen parte de los bastiones del emprendimiento, escenario que implica revisar la materialización de este en cuanto a la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), así lo argumentan Jahir A Gutiérrez, Elimeleth Asprilla y José M Gutiérrez, autores del “Estado del arte del emprendimiento empresarial en materia de ciencia, tecnología e innovación”, publicado en el año 2016. Esta investigación está dirigida a:

- Analizar el estado del arte del emprendimiento en materia de generación de conocimiento.
- La ubicación del emprendimiento en cuanto a la ciencia, la tecnología y la innovación en la empresa.
- Identificar la sostenibilidad de la argumentación material del emprendimiento conforme a los estímulos generados por la invención y la inventiva que emergen por cuenta de la combinación entre CTel y la gestión del conocimiento. (Gutiérrez et al., 2016)

Las conclusiones más pertinentes y de aporte al proyecto son: el emprendimiento tiene la posibilidad de evaluarse desde las fuentes de la Ciencia, Tecnología e Innovación; el emprendimiento debe destacar la gestión de conocimiento como el primer baluarte y balance de resultados (Gutiérrez et al., 2016)

Desde el enfoque de innovación y aporte a este proyecto, se encontró un identificador de apósitos y material quirúrgico en cirugías del año 2019 de la revista MetalNNova. El propósito fue desarrollar un dispositivo electrónico que permita identificar los apósitos o instrumental quirúrgico en el cuerpo de un paciente antes de suturar la incisión, dando un resultado insatisfactorio debido a que lo obtenido no era lo planeado. Viéndose afectado el diseño de los osciladores y de las frecuencias que no dieron los valores esperados. (Espinosa & Zuluaga, 2019).

Se indagó durante un periodo de 4 años entre 2014 y 2018 en diferentes entidades de salud del Departamento de Caldas, se ubicaron 68 casos de cuerpos extraños retenidos en el organismo de pacientes, se verificó la información hallando solo 34 casos confirmados; el 59% de los cuerpos extraños que se encontraron en los pacientes fueron hallazgos mediante el uso de rayos X, siendo las gasas el cuerpo extraño más retenido en la zona abdominal.

Las fases del ciclo de desarrollo son 6 presentadas en 4 etapas:

- Etapa de análisis, se desarrolla el concepto de producto y diseño conceptual.
- Etapa de diseño, se realiza el diseño funcional y el prototipo virtual.
- Etapa de ejecución, se realiza el prototipo funcional.
- Etapa de evaluación, se realizan las Preseries.

Orientado a reducir pérdidas económicas al hospital, mitigar el riesgo de demandas y tutelas por parte de pacientes que hayan tenido un evento adverso por olvido de instrumental quirúrgico y apósitos en su cuerpo, brindar confiabilidad al personal médico. (Espinosa & Zuluaga, 2019)

4.4 Marco Legal

De acuerdo con la Constitución Política de Colombia en el capítulo 2 de los derechos sociales, económicos y culturales; el artículo 67 define la educación como un derecho de la persona que busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura; de igual manera, la educación forma al colombiano para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del medio ambiente (Const., 1991).

El Ministerio de la Protección Social reglamenta el programa nacional de tecnovigilancia, mediante la resolución 4816 de 2008. En el capítulo I. Disposiciones generales, Artículo 1º, objeto y ámbito de aplicación, tiene como propósito fortalecer la protección de la salud y la seguridad de los pacientes, operadores y todas aquellas personas que se vean implicadas directa o indirectamente en la utilización de dispositivos médicos, cuyas disposiciones se aplicarán a:

- El instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos, Invima.
- Las secretarías departamentales y distritales de salud.
- Los fabricantes e importadores de dispositivos médicos de uso en humanos.

- Los prestadores de servicios de salud y profesionales independientes.

Seguido del capítulo II. Programa nacional de tecnovigilancia, Artículo 3º, lo estructura como un sistema de vigilancia post mercado, constituido por el conjunto de instituciones, normas, mecanismos, procesos, recursos financieros, técnicos y de talento humano que interactúan para la identificación, recolección, evaluación, gestión y divulgación de los eventos o incidentes adversos no descritos que presentan los dispositivos médicos durante su uso, la cuantificación del riesgo y la realización de medidas en salud pública (Ministerio de la Protección social, 2008).

El decreto 2078 de 2012 “Por el cual se establece la estructura del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima) y se determinan las funciones de sus dependencias”. Capítulo I. Naturaleza jurídica, objetivos, jurisdicción, funciones y patrimonio. Artículo 2º, objetivo. El Invima tiene como finalidad ejercer como institución de referencia nacional en materia sanitaria y llevar a cabo las políticas formuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en motivo de vigilancia sanitaria y de control de calidad de los medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos médico-quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva de conformidad con lo señalado en el artículo 245 de la ley 100 de 1993 y en las demás normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan. El Capítulo III. Estructura y funciones. Artículo 8º. Estructura. Refiere el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima) entre su estructura, numeral 6, la dirección de dispositivos médicos y otras tecnologías, asimismo, el Artículo 21, indica las funciones de esta dirección, donde se resalta el numeral 19, analizar y proponer el fortalecimiento del sistema de información relacionado con la evaluación,

producción, comercialización, vigilancia de los productos, garantía de la calidad, programas de buenas prácticas, programas pre y post comercialización, (SIC) procedimientos de vigilancia y control sanitario de dispositivos médicos y otras tecnologías y demás afines a su naturaleza (Decreto 2978, 2012).

Mediante la ley 1951 de 2019, se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. El artículo 1º, indica la creación de este ministerio para contar con el ente rector de la política de ciencia, tecnología e innovación que genere capacidades, promueva el conocimiento científico y tecnológico, contribuya al desarrollo y crecimiento del país y se anticipe a los retos tecnológicos futuros, buscando el bienestar de los colombianos y consolidar una economía más productiva, competitiva y una sociedad más equitativa; de igual manera, el Artículo 2º. Objetivos generales y específicos, se reconocen y actualizan los derechos de los ciudadanos y los deberes del estado en materia del desarrollo del conocimiento científico, tecnológico y de innovación. (Ministerio de Ciencia, 2019).

El numeral 4.6. Definiciones del estándar de procesos prioritarios, hace saber la información escrita y socializada de procesos, procedimientos, actividades en un servicio de salud, a su vez, menciona el protocolo de atención y lo define como una secuencia lógica y detallada de un conjunto de actividades, conductas o procedimientos a desarrollar para la atención de una situación específica de salud en un entorno determinado; de igual manera, el numeral 8.3. Condiciones de capacidad tecnológica y científica, engloba la formulación de los estándares de las condiciones de capacidad tecnológica y científica, que está orientada por el principio de la fiabilidad, esencialidad y sencillez (MinSalud, 2019)

La Resolución 8430 de 1993 “Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”. El Artículo 4, establece el desarrollo de las acciones que contribuyen a la investigación para la salud:

- a) Conocimiento de los procesos biológicos y psicológicos en los seres humanos.
- b) Conocimiento de los vínculos entre las causas de enfermedad, la práctica médica y la estructura social.
- c) Prevención y control de los problemas de salud.
- d) Conocimiento y evaluación de los efectos nocivos del ambiente en la salud.
- e) Estudio de las técnicas y métodos que se recomiendan o empleen para la prestación de servicios de salud.
- f) Producción de insumos para la salud.

5. Metodología

Esta investigación se basa en la innovación y emprendimiento, que consiste en desarrollar un prototipo automatizado para el recuento continuo de compresas en cirugía, que será sometido a la influencia de variables en condiciones controladas y conocidas para observar los resultados.

5.1 Alcance

Verificación de la cantidad de compresas desechadas en el recipiente que le permita al Instrumentador Quirúrgico controlar de forma constante las compresas que se encuentran en el recipiente y aquellas que tiene en el área estéril.

5.2 Limitaciones

El prototipo recuenta todo material que se deseche en el recipiente.

Su manejo requiere la capacitación al personal en el manual de instrucciones.

Para la investigación no se trabajará en un quirófano (cirugía), se realizarán las pruebas en un ambiente controlado.

5.2.1 Descripción General

- El diseño del prototipo se desarrolló con la ayuda, conocimiento y asesoría de un ingeniero biomédico, ya que como profesional dispone de las competencias en el área de desarrollo y funcionamiento de equipos o dispositivos que se usan en la parte médica. Para ello se acordaron algunas reuniones en las cuales el ingeniero mostraba el paso a paso de la elaboración del prototipo y esperaba la aprobación o sugerencias por parte de los integrantes del proyecto. Como el prototipo fue desarrollado por una persona ajena a los integrantes del proyecto, se le pidió al ingeniero biomédico el permiso y la cesión de los derechos (Ver Apéndice D) de esta obra para que la universidad pueda hacer uso de este prototipo en un futuro. Posterior al desarrollo, se realizaron las pruebas in vitro del prototipo junto con el

acompañamiento del ingeniero en las cuales se pueden observar las ventajas, desventajas y errores que puedan suceder durante su manejo. Se desarrolló el plan de marketing para el prototipo, en el cual se especifica el nombre, descripción, logo y slogan de este, así como la propuesta de valor, el público objetivo al cual va dirigido el prototipo, un análisis con otros dispositivos que tienen el mismo objetivo y que ya se encuentran en el mercado, unos objetivos que se plasmaron para el desarrollo del plan de marketing para el modelo y como este podría promocionarse.

5.2.2 Elementos

Después de realizar una breve descripción general del proceso, se explican los elementos que conforman este diseño. Ver apéndice A.

5.2.3 Ejecución de Pruebas

Para la ejecución de las pruebas en un ambiente controlado (laboratorio), se tienen en cuenta varias fases con su respectiva descripción.

5.2.4 Manual de Instrucciones

Ofrece una guía práctica para el uso del personal con las siguientes características: Instalación, funcionamiento, limpieza y desinfección, precauciones y mantenimiento Apéndice C

5.2.5 Desarrollo del Plan de Marketing

Comprende la organización estratégica y acciones a ejecutar para que el prototipo de automatización en el recuento continuo de compresas en cirugía alcance los objetivos de negocio. Los elementos por trabajar son:

- Nombre del producto o servicio
- Descripción del producto o servicio
- Propuesta de valor

- Slogan del producto
- Logo del producto
- Matriz DOFA
- Análisis de la competencia
- Target - público objetivo
- Objetivos: corto, mediano y largo plazo
- Estrategias: experiencias sensoriales, Freemium, fidelización de clientes
- Promoción y comunicación (ATL-BTL-TTL)
- KPI: determinar métricas para medir los resultados del negocio, controles

periódicos para los KPI

- Presupuesto del producto
- Conclusiones del Plan de Marketing

6. Consideraciones Éticas

6.1 Clasificación del Riesgo

De acuerdo con lo establecido en la resolución 8430 de 1993 “por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”, el presente estudio se clasifica teniendo en cuenta el artículo 1, en una investigación sin riesgo que refiere: son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

7. Resultados

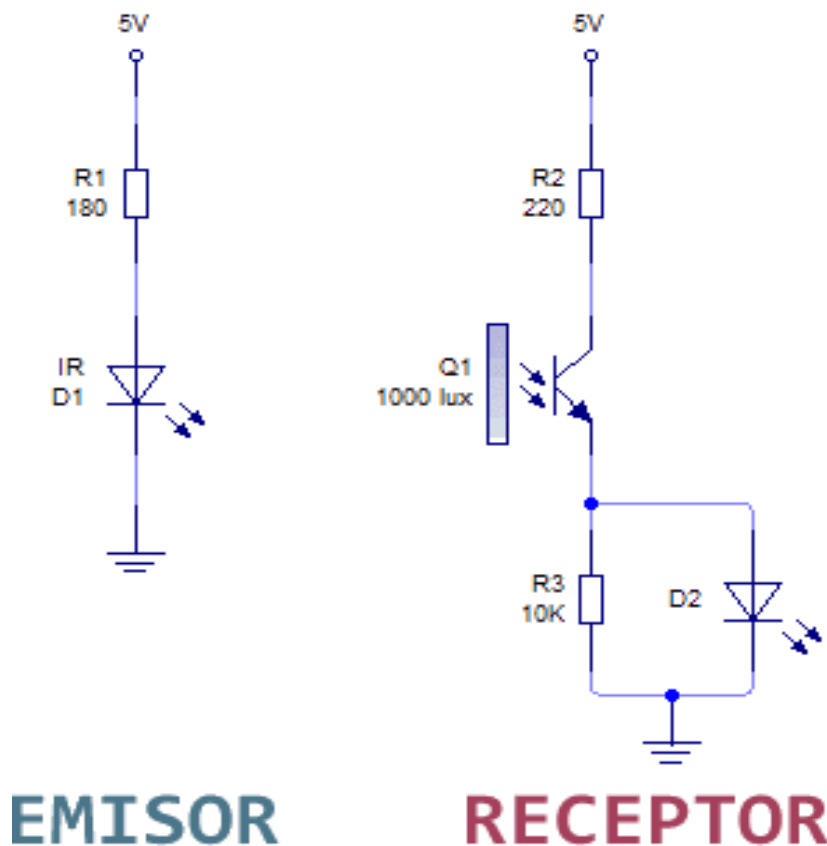
7.1 Diseño del Prototipo de Automatización Para el Recuento de Compresas en Cirugía

7.1.1 Fase I: Idea Inicial

Para dar comienzo a las pruebas con los elementos, se tiene en cuenta el principio básico de un sistema emisor y receptor, donde el emisor es un fotodiodo que va alimentado a una fuente de voltaje de +5 voltios y el receptor es un fototransistor que va alimentado a una fuente de voltaje de +5 voltios; se instala un LED para asegurar que estén alineados entre sí, quiere decir, que el sistema sea estable y confiable como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Sistema Emisor – Receptor



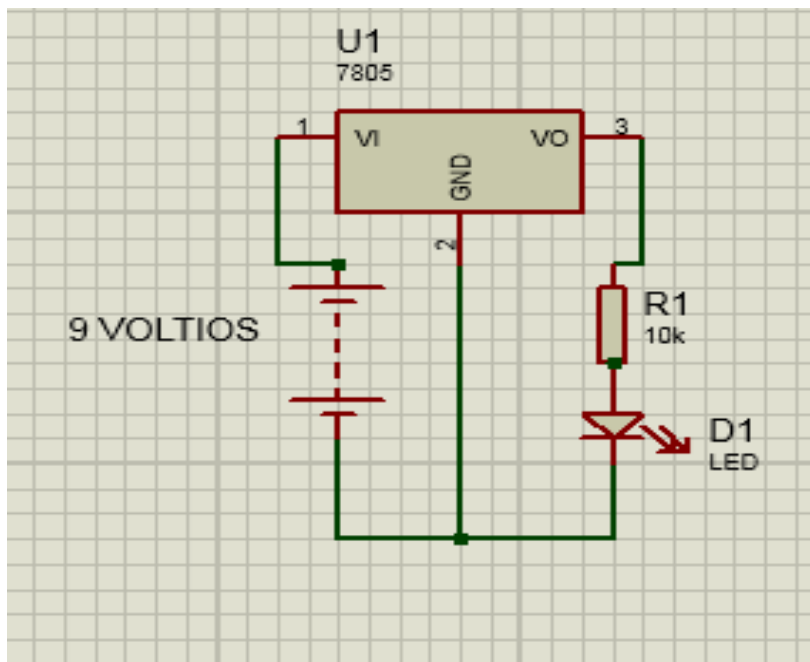
Nota: Adaptado de Vaquero, L. Fotodetectores en la banda de infrarrojos, fibra óptica. 2016

7.1.2 Fase II: Prueba Inicial con Proteus Versión 8

Esta prueba inicial se realiza con proteus versión 8, el cual es un software de automatización electrónico para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas; se diseña el circuito de transmisión, el cual se define como emisor, encargado a través de un fotodiodo de enviar todo el tiempo un haz de luz infrarroja. Los componentes que se usan para tal fin son: una fuente de voltaje de 9 voltios, un regulador de voltaje de 5 voltios, una resistencia de 1000 ohmios y un fotodiodo como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Diseño del Emisor



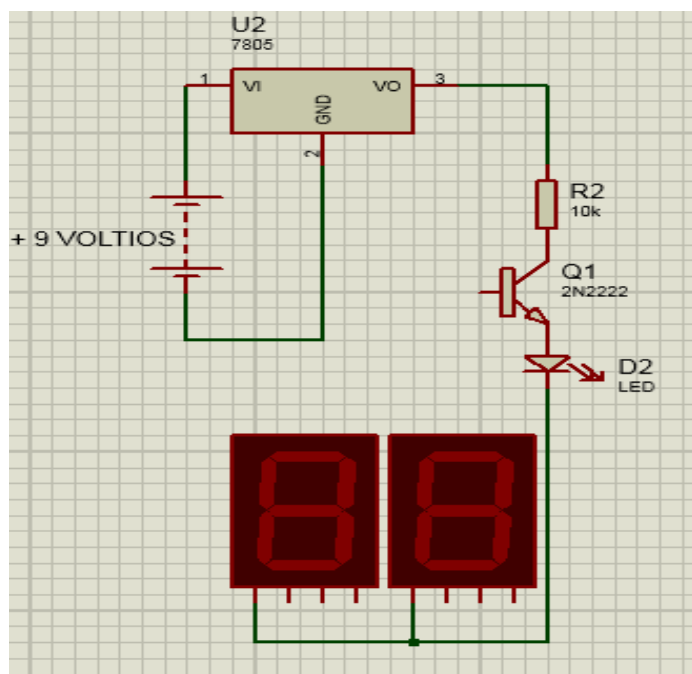
Nota: Adaptado de Vaquero, L. Fotodetectores en la banda de infrarrojos, fibra óptica. 2016.

En la figura 5 se observa el diseño del receptor encargado de recibir la luz y el LED que está constantemente encendido, esto ayuda a sincronizar la señal entre el emisor, el receptor, una

fuentes de alimentación de 9 voltios, un regulador de voltaje de 5 voltios, un fototransistor, una resistencia y dos display.

Figura 5

Diseño del Receptor



Nota: Adaptado de Vaquero, L. Fotodetectores en la banda de infrarrojos, fibra óptica. 2016

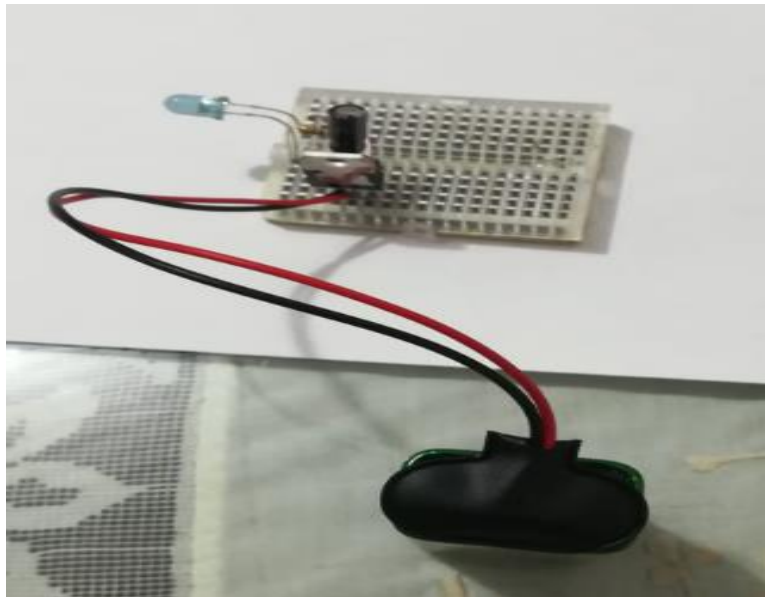
7.1.3 Fase III: Prueba Piloto con el Protoboard

Se lleva al laboratorio el diseño con todos los elementos que van a comunicarse en el proceso del recuento de compresas en el recipiente; es importante que la distancia mínima que debe interactuar entre el emisor y el receptor sea de 50 cm, de igual manera, se procede llevar al protoboard (placa de pruebas para electrónica que contiene numerosos orificios en los que es posible insertar cables y otros elementos electrónicos para montar circuitos provisionales), la fuente de alimentación de 9 voltios (es una pila cuadrada no recargable), conectada al regulador de voltaje 7805. Este integrado garantiza un voltaje a la salida de 5 voltios, independiente del voltaje que esté arrojando la batería; posteriormente, una resistencia que limita la corriente que

circula en el lazo cerrado del circuito, el cual va a energizar al fotodiodo y así el emisor entra a enviar el haz de luz para ser contacto visual con el receptor como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Diseño del Emisor con Protoboard



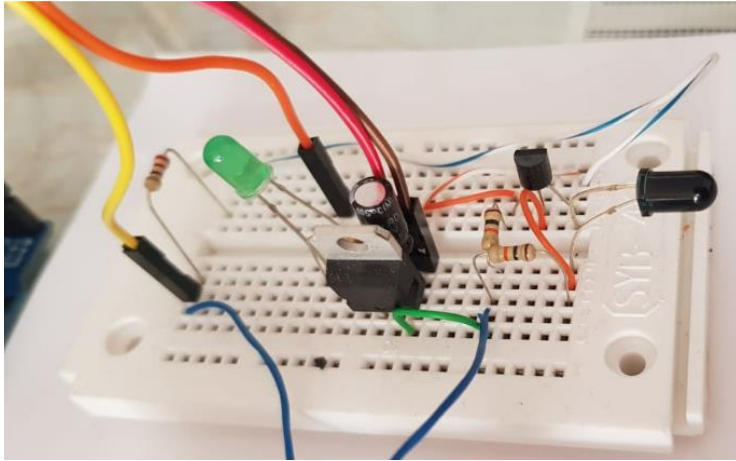
En la figura 7 se percibe el diseño del receptor con el protoboard, donde se tiene una fuente de alimentación de 9 voltios, conectada al regulador de voltaje 7805, asegurando un voltaje a la salida de 5 voltios.

Este voltaje por un lado va a energizar al fototransistor, pero se debe proteger con la sobre corriente que va a circular sobre el dispositivo, para esto se recurre a conectar una resistencia de 1K Ohmios y un transistor NPN 2N2222.

Por otro lado, se mantiene conectado un LED de color verde, el cual va a estar encendido en todo momento, se apaga cuando haya una comunicación del fotodiodo con el fototransistor, quiere decir, que, si hay una interrupción en el haz de luz, el LED se enciende y cuando finaliza la interrupción, el LED se apaga.

Figura 7

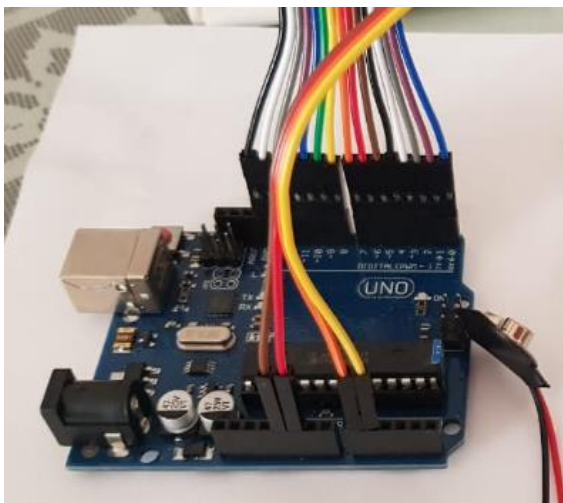
Diseño del Receptor con Protoboard



En la figura 8 la tarjeta Arduino (también conocida como tarjeta principal o mother board), es donde se concentra todo el software del prototipo, a través de un microcontrolador, el cual se programa con un lenguaje C ++. Este programa se centraliza en recibir la señal captada por el receptor, incrementar el valor actual en el display en una unidad y procesarla. Esta tarjeta se energiza con una fuente de alimentación de 9 voltios.

Figura 8

Tarjeta Arduino



En la figura 9. Tarjeta display en protoboard, como su nombre lo indica, es un display 7 segmentos, cada segmento es un LED donde se requiere una resistencia de protección para una sobre corriente que se pueda presentar; el primer display de derecha a izquierda se denomina Unidad y el segundo display se conoce como Décima, con el objetivo de formar un número que va de 00 a 99. Es pertinente resaltar que para formar un número cualquiera solo se requiere 7 segmentos.

Figura 9

Tarjeta Arduino



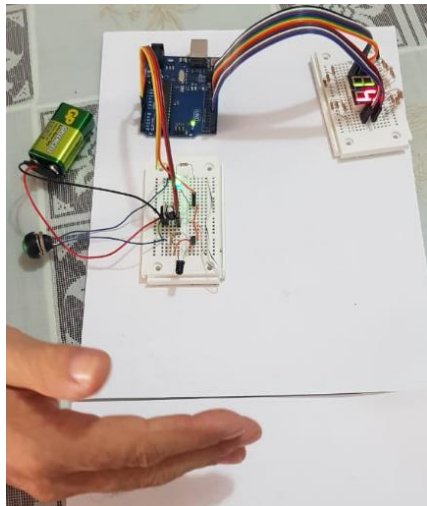
En la figura 10. Diseño completo en Protoboard, se observa todo el prototipo del recuento de compresas en la etapa de protoboard funcionando con su respectivo botón reset, el cual cuando es oprimido, le envía una señal a la tarjeta principal y ella a su vez coloca en 00 el display, con el fin de resetear el recuento de compresas que se realizó, asimismo, se aprecia que al pasar la mano entre el módulo del emisor y el módulo del receptor, el display aumenta su valor en 1, el LED verde se enciende debido a que no hay comunicación entre ellos, en el momento en que el obstáculo se retire el LED se apaga. Se realiza la prueba con el botón de reset

donde el display se sitúa en 00; a su vez, otra prueba que se efectúa es al llegar a 09 el display de la Decena se incrementa en uno y el display de la Unidad vuelve a colocarse en cero con el fin de registrar el número 10; seguido de la prueba en el momento en que el display llegue a 99, la siguiente interrupción que se presente el equipo vuelve a su estado inicial, quiere decir a 00.

Cabe resaltar que, si el obstáculo se deja constante en el tiempo, el equipo empieza a incrementar su valor. Como limitante se determina que el equipo no diferencia la compresa, lo que detecta el equipo es que el haz de luz fue interrumpido y el motivo fue el paso de un elemento en un lapso rápido. Lo utilizado para estas pruebas fue la mano.

Figura 10

Diseño Completo en Protoboard



7.1.4 Fase IV: Diseño de Tarjetas Electrónicas

A través de la aplicación de proteus 8 versión profesional se puntualizan las herramientas para hacer el diseño de las diferentes tarjetas electrónicas que contiene el prototipo.

Este prototipo está conformado por 4 tarjetas:

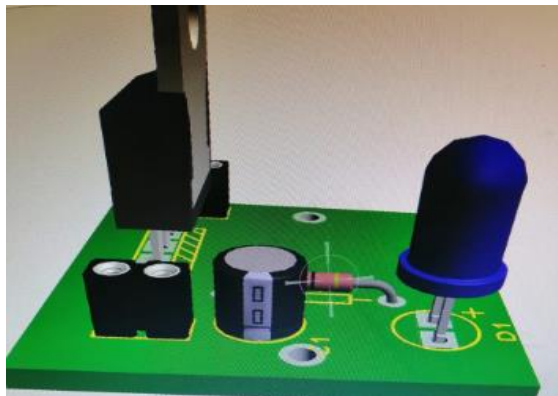
- Tarjeta del Emisor
- Tarjeta del Receptor

- Tarjeta del Display
- Tarjeta Principal

En la figura 11 se lleva a cabo el diseño de la tarjeta electrónica del emisor; la figura 12 hace referencia a los caminos internos de conexión del emisor que se tiene en cada uno de los dispositivos que la conforman.

Figura 11

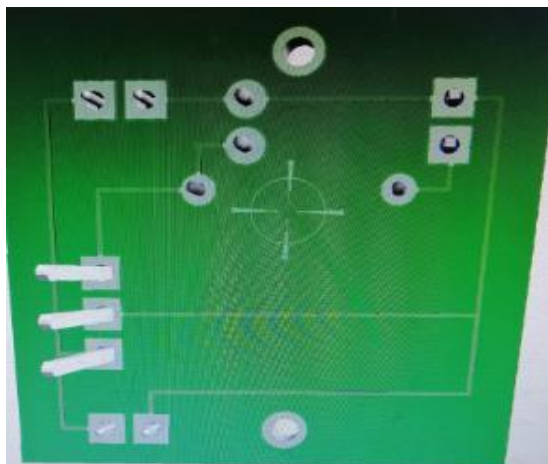
Diseño de la Tarjeta Electrónica del Emisor



Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

Figura 12

Camino del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Emisor



Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

En la figura 13 se diseña la tarjeta electrónica del receptor; la figura 14 hace referencia a los caminos internos de conexión del receptor que se tiene en cada uno de los dispositivos que la conforman.

Figura 13

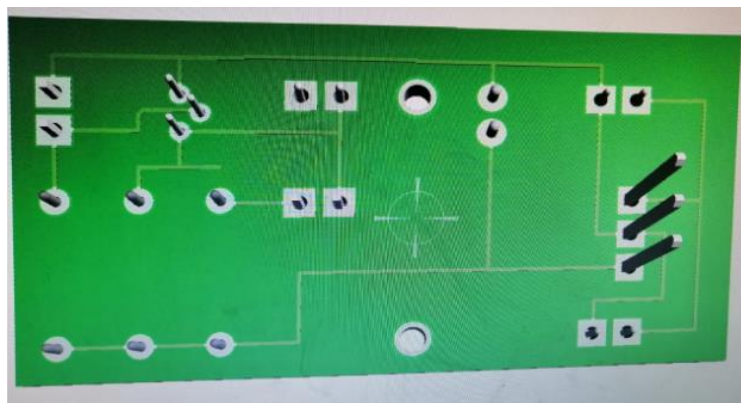
Diseño de la Tarjeta Electrónica del Receptor



Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

Figura 14

Caminos del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Receptor

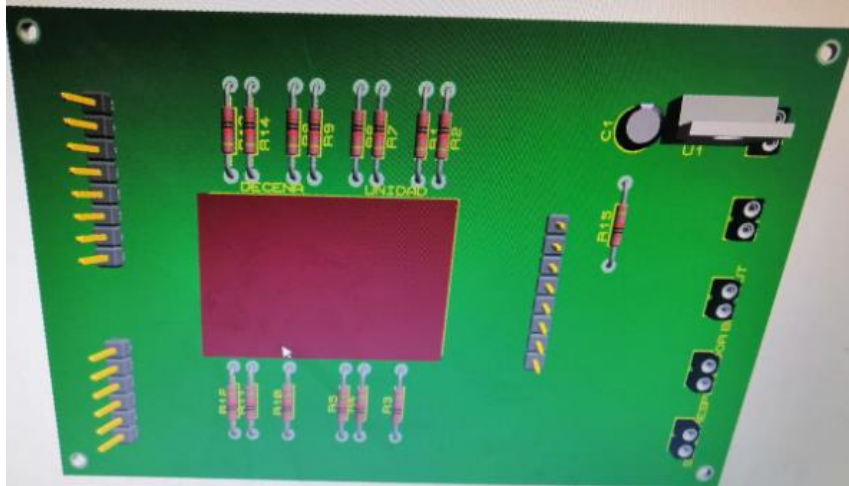


Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

En la figura 15 se diseña la tarjeta electrónica del display; la figura 16 hace referencia a los caminos internos de conexión del display que se tiene en cada uno de los dispositivos que la conforman.

Figura 15

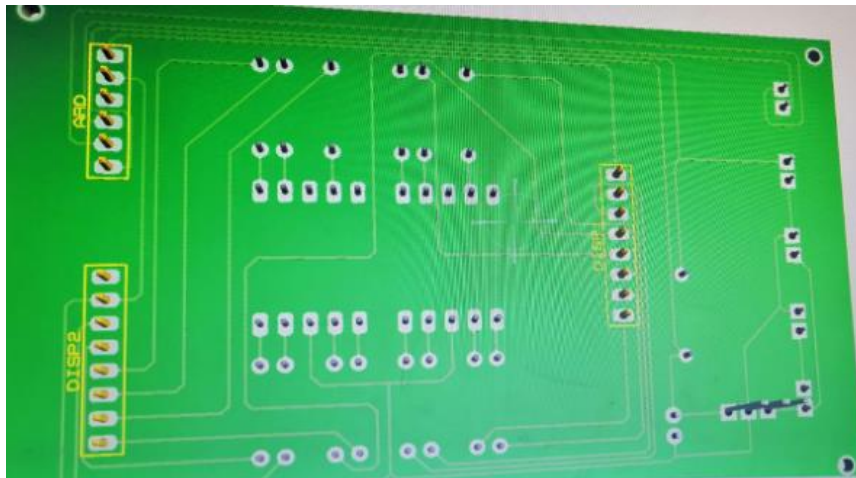
Diseño de la Tarjeta Electrónica del Display



Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

Figura 16

Caminos del Diseño de la Tarjeta Electrónica del Display



Nota. Diseño realizado en Software del Arduino.

En la figura 17, se observa que hay dos tarjetas del emisor, con las siguientes dimensiones: ancho 27 cm y de largo 27 cm, de esta manera se cubre el espacio del recipiente donde se va a detectar el paso de las compresas que se van desechando en el procedimiento quirúrgico.

Figura 17

Tarjetas Electrónicas del Emisor Reales



En la figura 18 se perciben dos tarjetas del receptor que tienen 25 cm de ancho y 47 cm de largo, con el fin de recibir el haz de luz emitido por la tarjeta electrónica del emisor; dichas tarjetas se van a instalar en un sitio estratégico que abarque toda el área de trabajo y evite la caída de sangre o cualquier otro fluido que tenga la compresa.

Figura 18

Tarjetas Electrónicas del Receptor Reales



Finalmente, en la figura 19 se tiene la tarjeta electrónica del display con 60 cm de ancho y 95 cm de largo, donde el Instrumentador Quirúrgico va a visualizar el recuento de las compresas que van a ingresar al recipiente a través del prototipo.

Figura 19

Tarjeta Electrónica del Display Real



Se realizarán 7 pruebas de funcionamiento con diferentes cantidades iniciales de compresas para recuento, comprobando de forma manual las cantidades emitidas con reinicio del equipo en cada prueba y duración de la batería. Al finalizar se construye el documento de instrucciones para un correcto uso.

7.2 Funcionamiento del Prototipo de Automatización Para el Recuento de Compresas en Cirugía

Para la validación del funcionamiento del prototipo, se realiza la descripción de los elementos definitivos y una breve explicación de su mecánica.

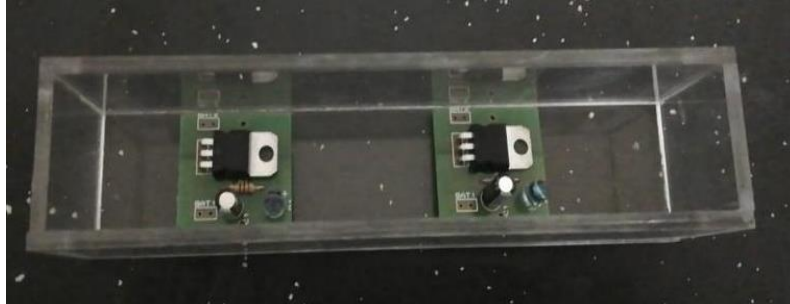
Un recipiente cuyas dimensiones son: 52 cm de ancho; 56 cm de alto y 41 cm de profundidad. Ver figura 20.

Figura 20

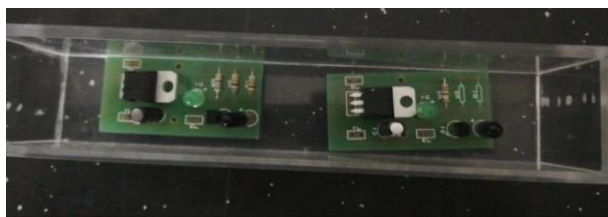
Recipiente del Prototipo



- Módulo Emisor: Este módulo está conformado por una caja en acrílico cuyas dimensiones son: 15 cm de profundidad, 3,5 cm de altura y 4 cm de ancho; internamente contiene dos tarjetas electrónicas que son totalmente idénticas como se muestra en la figura No. 19. Esta tarjeta del emisor está conformada por un fotodiodo, un regulador de voltaje con referencia 7805, un condensador de 10 microfaradios a 25 voltios, una resistencia de 180 ohmios y una conexión de 9 voltios que es suministrada por el módulo del display.

Figura 21*Módulo Emisor*

- **Módulo Receptor:** Este módulo está conformado por una caja en acrílico cuyas dimensiones son: 15 cm de profundidad, 3,5 cm de altura y 4 cm de ancho; internamente contiene dos tarjetas electrónicas que son totalmente idénticas como se muestra en la figura No. 20. Esta tarjeta del receptor está conformada por un fototransistor, un diodo de referencia 2N2222, tres resistencias de 10000 ohmios, un LED verde, un condensador de 10 microfaradios a 25 voltios, un regulador de voltaje de referencia 7805 y una conexión de 9 voltios que es suministrada por el módulo del display.

Figura 22*Módulo Receptor*

- **Módulo Display:** Este módulo está conformado por una caja en acrílico cuyas dimensiones son 15 cm de profundidad, 12 cm de altura y 8 cm de ancho.

La figura 21 señala el módulo del display que internamente contiene una tarjeta electrónica Arduino 1, donde se concentra el software, una tarjeta del display que contiene: Dos

display siete segmentos, 7 resistencias de 180 ohmios, 3 borneras donde se va a conectar un cable Ribbon (cable de comunicación entre la tarjeta arduino1 con la tarjeta de display), 1 regulador de voltaje con referencia 7805, un condensador de 10 microfaradios a 25 voltios, ocho resistencias de 220 ohmios, un pulsador ON/OFF el cual le va a permitir al usuario encender el equipo o apagarlo; un botón reset cuyo objetivo es resetear el equipo, quiere decir colocar en cero el display; dos baterías cuadradas de 9 voltios preferiblemente alcalinas o recargables.

El módulo del emisor se encarga de emitir una señal infrarroja todo el tiempo, pero debe estar sincronizado con el módulo del receptor, el cual como su nombre lo indica, recibe la señal emitida por el emisor y realiza el tratamiento a la señal recibida para pasarla al módulo del display.

La instalación del LED verde permite verificar que tanto el fotodiodo como el fototransistor están alineados para enviar la luz infrarroja y recibirla.

Después de realizar el tratamiento a la señal, es enviado el módulo del display, para que la tarjeta Arduino 1 realice el conteo de compresas que han sido almacenadas en el recipiente; el usuario la observa en el display que va de 00 a 99; a su vez está el botón de resetear, el encendido como el apagado del equipo.

Figura 23

Módulo Display



- Soporte metálico: Permite la sincronización entre los módulos emisor, receptor y display para ser ubicados directamente en el recipiente. Ver figura No 24.

Figura 24

Soporte



El principio de este prototipo es encontrar un sensor luminoso que permita generar una señal al ser interrumpido por un elemento; este sensor (fotodiodo) es un infrarrojo que genera una luz al ser energizado, denominándose sistema emisor. Al generar la luz se debe tener un dispositivo que capture esta señal y la convierta en un voltaje, que se encuentra en el fototransistor.

Para este diseño se realiza el montaje en un protoboard donde se verifica su correcto funcionamiento y así denominarlo sistema del receptor.

Con el acondicionamiento de la señal, se envía al Arduino 1, donde internamente tiene un microcontrolador que permite enviar al display para que visualice el valor actual, cada vez que

haya una interrupción generada por el paso de un elemento en este caso la compresa, automáticamente dará la orden al display que aumente en uno su valor; también es el encargado de recibir la orden del usuario cuando desea resetear el sistema, quiere decir, poner el recuento a 00; este sistema se llama tarjeta principal. Por último, se tiene la tarjeta del display donde está concentrado el display.

7.3 Realización de las Pruebas In Vitro del Prototipo Automatizado Para el Recuento de Compresas en Cirugía

Consta de 7 pruebas de funcionamiento con diferentes cantidades iniciales de compresas para recuento, comprobando de forma manual las cantidades emitidas con reinicio del equipo en cada prueba y a su vez duración de la batería. A continuación, se describe cada una con su respectivo resultado:

7.3.1 Prueba 1

Simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 4 horas, conteo inicial de 25 compresas; al cabo de una hora se desechan al recipiente 5 compresas en bloque, posterior a esto en intervalos de una hora se desechan 7 compresas.

Hallazgos: Al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 8 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 12 compresas.

El análisis por observación indica que al desechar las compresas en bloque el display registró solo una.

Se tiene en cuenta como precaución para la construcción del manual de instrucciones la importancia de desechar las compresas de forma individual.

Durante las 4 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 25.

Figura 25*Desecho de Compresas en Bloque*

7.3.2 Prueba 2

Reinicio del equipo y traslado; simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 7 horas, conteo inicial de 40 compresas; al cabo de 5 minutos se desechan 10 compresas de forma acelerada, posterior a esto en intervalos de 30 minutos durante 4 horas se desechan 25 compresas.

Hallazgos: Al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 35 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 35 compresas. El análisis por observación indica un desecho de las compresas de forma correcta en el recipiente aun cuando se desecharon las compresas de forma acelerada. Durante las 7 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 26.

Figura 26

Desecho de Compresas de Forma Acelerada



7.3.3 Prueba 3

Simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 5 horas, conteo inicial de 20 compresas; al cabo de 30 minutos se desechan 3 compresas de forma consecutiva, posterior a esto en intervalos de 40 minutos durante 3 horas se desechan 14 compresas.

Hallazgos: Al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 18 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 17 compresas y una gasa. El análisis por observación indica que por descuido cae una gasa al recipiente y el módulo

display la registra; se tiene en cuenta como precaución para la construcción del manual de instrucciones, que el prototipo recuenta todo material desechado en el recipiente. Durante las 5 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 27.

Figura 27

Desecho de Gasa en el Recipiente



7.3.4 Prueba 4

Reinicio del equipo y traslado; simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 6 horas, conteo inicial de 20 compresas; al cabo de 30 minutos se desechan 3 compresas de forma consecutiva, posterior a esto en intervalos de 40 minutos durante 5 horas se desechan 15 compresas.

Hallazgos: al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 99 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 18 compresas. El

análisis por observación indica que por descuido cae una compresa sobre el módulo emisor enviando la señal al módulo receptor de múltiples registros; se tiene en cuenta como precaución para la construcción del manual de instrucciones, desechar las compresas al recipiente evitando el contacto con los módulos emisor y receptor. Durante las 6 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 28.

Figura 28

Compresa en el Módulo Emisor



7.3.5 Prueba 5

Simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 3 horas, conteo inicial de 10 compresas; al cabo de 30 minutos se desechan 3 compresas de forma consecutiva, posterior a esto en un intervalo de 2 horas se desechan 4 compresas.

Hallazgos: al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 7 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 7 compresas. El análisis por observación indica un desecho de las compresas de forma correcta en el recipiente. Durante

las 3 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 29.

Figura 29

Desecho de Compresas de forma consecutiva.



7.3.6 Prueba 6

Reinicio del equipo y traslado; simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 8 horas, conteo inicial de 35 compresas; al cabo de 3 hora se desechan 10 compresas de forma consecutiva, posterior a esto en un intervalo de 4 horas se desechan 20 compresas.

Hallazgos: al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 30 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 30 compresas. El análisis por observación indica un desecho de las compresas de forma correcta en el recipiente.

Durante las 8 horas el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 30.

Figura 30

Desecho de Compresas en el Recipiente



7.3.7 Prueba 7

Reinicio del equipo y traslado; simulación de un procedimiento quirúrgico con duración de 1 hora, conteo inicial de 10 compresas; al cabo de 40 minutos se desechan 7 compresas de forma consecutiva.

Hallazgos: al efectuar el recuento de compresas el módulo display señala 7 compresas en el recipiente, al realizar la verificación de forma manual se recuentan 7 compresas. El análisis por observación indica un desecho de las compresas de forma correcta en el recipiente. Durante

la hora el equipo presenta un funcionamiento del 100% sin fallas, batería en perfectas condiciones. Ver figura 31.

Figura 31

Desecho de Compresas en el Recipiente



La ejecución de la prueba piloto comprueba que en su fase inicial proporciona al Instrumentador Quirúrgico confianza en el recuento de compresas, siendo un aporte a la prevención de eventos adversos y seguridad del paciente.

7.4 Desarrollo del Plan de Marketing Para el Prototipo de Automatización

Nombre del producto o servicio: Compresses Counter

Descripción del producto o servicio.

El prototipo consta de: un recipiente cuyas dimensiones son: 52 cm de ancho; 56 cm de alto y 41 cm de profundidad; 3 módulos (emisor, receptor y display) y un soporte metálico (permite la sincronización entre los módulos emisor, receptor y display para ser ubicados directamente en el recipiente) que lo hacen portátil, como se muestra en la figura 39.

Figura 32

Recipiente, Soporte con sus Respectivos Módulos

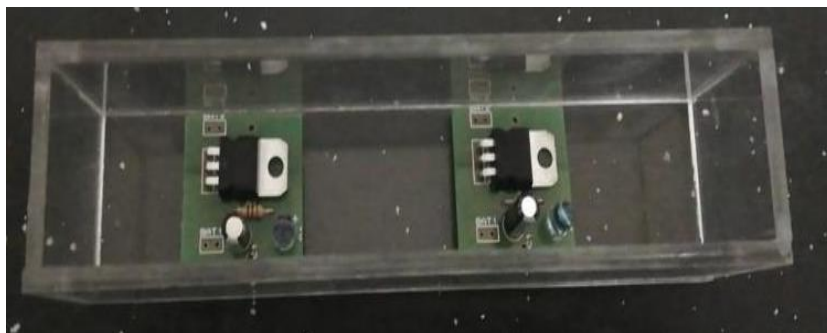


7.4.1 Módulo Emisor

Conformado por una caja en acrílico de 15 cm de profundidad, 3,5 cm de altura y 4 cm de ancho. Internamente contiene dos tarjetas electrónicas que son totalmente idénticas; esta tarjeta del emisor está conformada por un fotodiodo, un regulador de voltaje con referencia 7805, un condensador de 10 microfaradios a 25 voltios, una resistencia de 180 ohmios y una conexión de 9 voltios que es suministrada por el módulo del display. Ver Figura 40.

Figura 33

Módulo Emisor



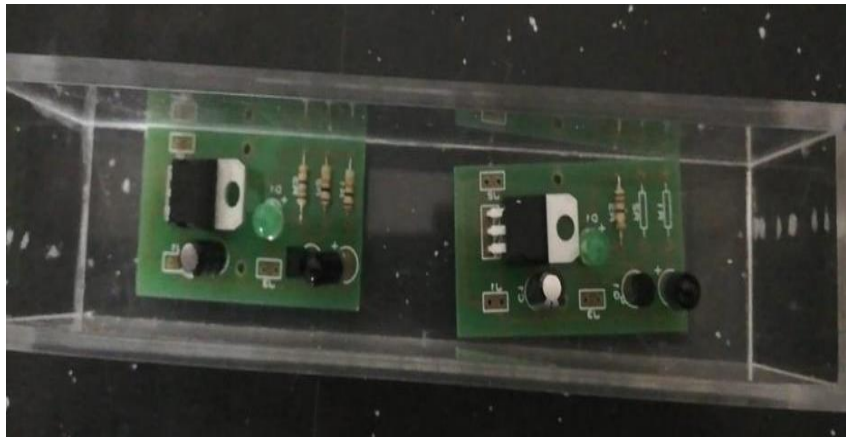
7.4.2 Módulo Receptor

Conformado por una caja en acrílico de 15 cm de profundidad, 3,5 cm de altura y 4 cm de ancho.

Internamente contiene dos tarjetas electrónicas que son totalmente idénticas; esta tarjeta del receptor está conformada por un fototransistor, un diodo de referencia 2N2222, tres resistencias de 10000 ohmios, un LED verde, un condensador de 10 microfaradios a 25 voltios, un regulador de voltaje de referencia 7805 y una conexión de 9 voltios que es suministrada por el módulo del display. Ver Figura No. 41.

Figura 34

Módulo Receptor



7.4.3 Módulo Display

Conformado por una caja en acrílico de 15 cm de profundidad, 12 cm de altura y 8 cm de ancho.

Internamente contiene una tarjeta electrónica Arduino 1 donde se concentra el software, una tarjeta del display que contiene: dos display siete segmentos, 7 resistencias de 180 ohmios, 3 borneras donde se va a conectar un cable Ribbon (cable de comunicación entre la tarjeta arduino1 con la tarjeta de display), 1 regulador de voltaje con referencia 7805, un condensador

de 10 microfaradios a 25 voltios, ocho resistencia de 220 ohmios, un pulsador ON/OFF el cual le va a permitir al usuario encender el equipo o apagarlo; un botón reset cuyo objetivo es resetear el equipo, quiere decir colocar en cero el display; dos baterías cuadradas de 9 voltios preferiblemente alcalinas o recargables. Ver Figura 42.

Figura 35

Módulo Display



7.4.3.1 Propuesta de Valor. Prototipo innovador que permite el control con un registro de manera continua y automática de las compresas desechadas en el recipiente durante un procedimiento quirúrgico, siendo un aporte a la prevención de eventos adversos y seguridad del paciente; asimismo, evita la contaminación cruzada y disminuye el tiempo para la aplicación del protocolo de recuento de compresas, ofreciendo resultados confiables y oportunos.

7.4.3.2 Slogan. ¡Recuenta con seguridad!

Este slogan expresivo, ofrece un prototipo que proporciona como valor agregado seguridad en los recuentos de compresas al Instrumentador Quirúrgico, promoviendo así una

cultura de seguridad para la aplicación correcta y oportuna del protocolo de recuento de compresas, que beneficia al paciente en la prestación de un servicio con calidad.

7.4.3.3 Logo. Se esboza el logo alusivo al prototipo.

Diseño icónico que engloba las características de distinción y prestigio como profesión en este proceso académico de investigación. Contiene un recipiente pertinente para desecho de riesgo biológico con adaptación del prototipo para el recuento de compresas, en el cual se visualiza el módulo display que indica el número de compresas desechadas. Su nombre “Compresses Counter” reúne características como: llamativo, de fácil recordación y aceptación mundial; los colores hacen referencia al área de la salud, con una franja que señala la bandera de Instrumentación Quirúrgica donde evoca el color rosado la alegría, entusiasmo, disposición de ánimo y el color azul la nobleza, honor, fidelidad e inspiración.

Figura 36

Logo Prototipo



7.4.3.4 Matriz DOFA.

Tabla 1

Matriz DOFA

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
- Recuenta todo material que se deseché en el recipiente, por cuanto en su fase inicial las compresas no presentan código de barras, chip u otro elemento que le indique al sistema o módulo receptor que es una compresa. - La caída de fluidos o de una compresa en los módulos, conlleva a una aceleración del módulo receptor, generando recuento continuo en el display. - Prototipo en fase inicial para perfeccionar en estética y elementos.	- Su diseño inicial hace posible presentar mejoras a futuro en estética y elementos para su fabricación a futuro como dispositivo. - Esta idea materializada, permite aportes de los expertos (Instrumentadores Quirúrgicos) para perfeccionar su diseño.	- No requiere esterilización; de ningún modo se encuentra en contacto con el paciente, será ubicado en el recipiente de riesgo biológico con su respectiva bolsa y solo va requerir limpieza y desinfección. - Liviano, portátil, de fácil manejo (didáctico), con batería recargable de larga duración (3 meses) para minimizar costos a la institución.	- Competencia cuando sea un dispositivo visible de manera comercial. - Las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud deseen postergar la compra, por cuanto no lo ven necesario y escogen continuar delegando esta función del recuento de compresas en el recipiente al auxiliar de enfermería.

7.4.3.5 Análisis de la Competencia.

Tabla 2

Comparativo Prototipo con Otros Dispositivos del Mercado

Prototipo fase inicial	Situate™ Detection System X Medtronic	SurgiCount Safety-Sponge® System Stryker
Prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas en cirugía.	Tecnología que proporciona un complemento del conteo manual.	Sistema de esponja de seguridad.
Componentes	Componentes	Componentes/Características:
- Módulo emisor ver figura 40 - Módulo receptor ver figura 41 - Módulo display ver figura 42 - Soporte para sincronización de los módulos emisor, receptor y display ver figura 39	- Escáner corporal automatizado. Ver figura No. 45 - Consola. Ver figura 46 - Algodón etiquetado. Ver figura 47 - Escáner de habitación. Ver figura 48	- Plataforma de tecnología expandible. - Almacenamiento/servidor seguro basado en la nube. - Interfaz de tableta intuitiva fácil de usar, proporciona acceso y revisión de datos simples. - Capacidad WiFi con transferencia de datos en tiempo real al servidor. - Portal de administración para VPN protegido con contraseña. - Software SurgiCount360 personalizado para informes/cumplimiento posoperatorio. Ver figura 49 - Agrega solo un segundo para indicar el tiempo de conteo. - Configuración y rotación en un solo paso. - La conciliación de recuentos basada en ID puede eliminar pasos agregados para la detección de escaneo o varita. Ver figura 50 - Evidencia posoperatoria de que todos los productos individuales de esponja de seguridad SurgiCount se han contabilizado con éxito fuera del paciente. - La función de alerta por correo electrónico proporciona información en situaciones con potencial cumplimiento o problemas de seguridad del paciente.
Características:	Características:	
- Registro continuo de las compresas desechadas en el recipiente. - Disminución del tiempo para la aplicación del protocolo de compresas. - Recuentos confiables y oportunos. - Sistema infrarrojo que permite el envío de la luz al módulo emisor y la captura de la señal a través del módulo receptor, este a su vez emite la señal al módulo display para que aumente su recuento en una unidad. - Cuenta de 00 a 99 unidades de compresas dentro de cada recuento en cirugía.	- Radiofrecuencia de baja energía. - Cuando el algodón etiquetado es estimulado por la señal del dispositivo, transmite su propia señal de regreso al detector, identificando su presencia; la confiable comunicación entre el detector y la etiqueta, permite la identificación rápida de esponjas faltantes. - Alcance extendido que permite la detección fuera del paciente y en todo el quirófano.	

7.4.4 Dispositivo Situate™ Detection System X Medtronic.

Figura 37

Escáner Corporal Automatizado



Nota. Tomado de Medtronic. Fast Efficient Perioperative Sponge Detection. p. 3. 2020.

Figura 38

Consola



Nota. Tomado de Medtronic. Fast Efficient Perioperative Sponge Detection. p. 3. 2020.

Figura 39

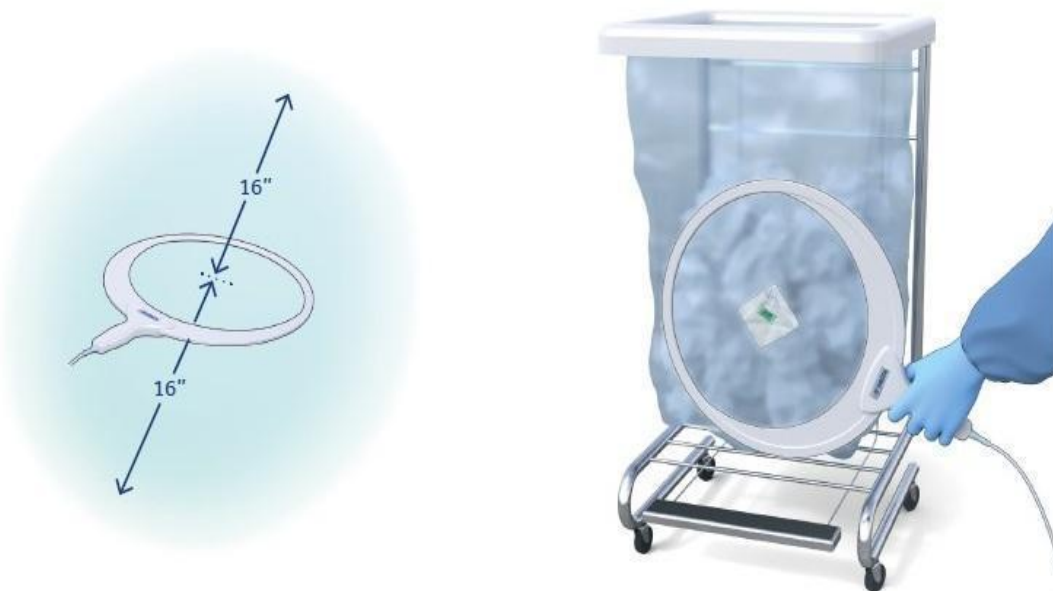
Algodón Etiquetado



Nota. Tomado de Medtronic. Fast Efficient Perioperative Sponge Detection. p. 3. 2020.

Figura 40

Escáner de Habitación



Nota. Tomado de Medtronic. Fast Efficient Perioperative Sponge Detection. p. 4. 2020.

7.4.5 Dispositivo SurgiCount Safety-Sponge^R System Stryker

Figura 41

Software SurgiCount360



Nota. Tomado de Striker. SurgiCount. Safety-Sponge System. p. 7. 2018.

Figura 42

Código ID de las Esponjas



Nota. Tomado de Striker. SurgiCount. Safety-Sponge System. p. 8. 2018.

7.4.5.1 Target-Público objetivo.

- Personal de Salud: Instrumentador Quirúrgico, puesto que su responsabilidad va inherente al cumplimiento de los protocolos institucionales, como el correcto diligenciamiento de los registros acordes al conteo-recuento de compresas en cirugía. Este prototipo proporciona seguridad al Instrumentador Quirúrgico en la verificación constante del recuento de compresas

en cualquier procedimiento quirúrgico, así como al paciente de que no va a presentar un oblitio quirúrgico en su postoperatorio por un recuento mal realizado, y al auxiliar de enfermería en brindarle más tiempo para complementar sus otras tareas sin interrupciones.

- Empresas: Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud públicas y privadas, a partir del segundo nivel de atención, es decir, con especialidades como ginecología y obstetricia; urología y cirugía general donde se realicen procedimientos en cavidad abdominal y tórax.

7.4.5.2 Objetivos del Plan de Marketing.

a. Corto plazo: inmediato – 3 meses. Desarrollar un prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas en cirugía con pruebas de funcionamiento y manual de instrucciones, a su vez la construcción del plan de marketing.

b. Mediano plazo (6 meses a 1 año):

- Realizar las pruebas del prototipo en su fase inicial en salas de cirugía.
- Modificar el diseño del módulo del display para que esté conectado a través de un cargador al tomacorriente con el propósito de evitar la batería.
- Buscar carcasas frontales estéticas, innovadoras para la protección de los módulos emisor y receptor y display.
- Minimizar el tamaño en el módulo display para mejorar la observación del registro.
- Adaptar impresora que permita emitir un documento en físico del resumen detallado del recuento de compresas en caso de que sea requerido.
- Acondicionar capacidad WiFi con transferencia de datos en tiempo real al servidor.

- Identificar las compresas con etiquetado para reconocer de forma rápida las compresas faltantes.
 - Adicionar la estética en el producto.
 - Presentar las mejoras del prototipo a dispositivo con pruebas en salas de cirugía.
- c. Largo plazo (5 años). Comercializar a nivel nacional como dispositivo de automatización para el recuento continuo de compresas en cirugía con registro INVIMA.

Teniendo en cuenta que este prototipo es realizado en el departamento de Santander, el propósito es buscar empresas como apoyo para fabricación y desarrollo; entre estas se encuentran: Mediimplantes S.A, Quirúrgicos Especializados y Líneas Hospitalarias; siendo Líneas Hospitalarias la más indicada como aliada en la fabricación cuando sea un equipo que reúna las condiciones para salir al mercado como dispositivo, por cuanto implementar nuevos métodos de innovación y tecnológica hace parte de los objetivos estratégicos de Líneas Hospitalarias.

7.4.5.3 Estrategias del Plan de Marketing.

Figura 43

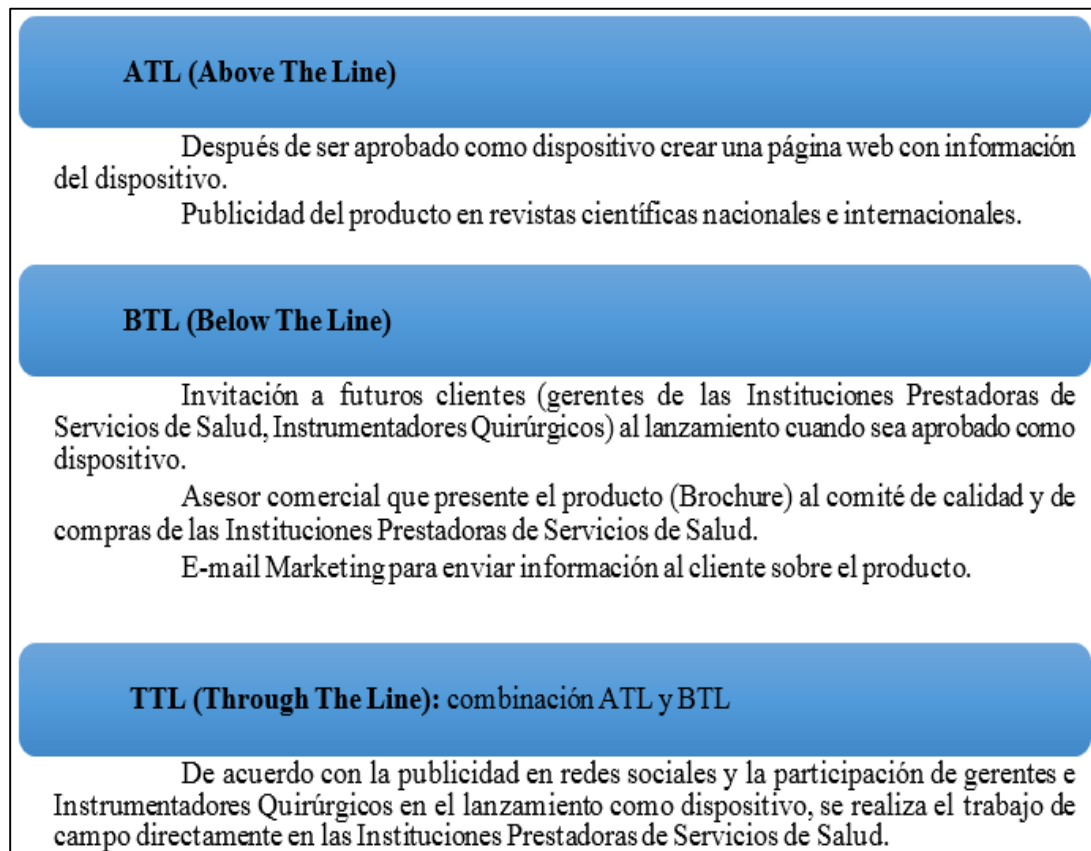
Estrategias

Experiencias sensoriales	Freemium	Fidelización de clientes
Liviano, portátil, de fácil manejo, visualización, limpieza y desinfección; con batería de larga duración.	Capacitación del funcionamiento como prototipo al equipo quirúrgico (instrumentador quirúrgico, cirujano, médico ayudante, auxiliar de enfermería, anestesiólogo, jefe de enfermería) con acompañamiento del experto en los procedimientos, a su vez entrega didáctica del manual de instrucciones para fácil recordación; esto permite dar respuesta a las inquietudes del personal en las capacitaciones y en el acompañamiento directo, ofreciendo seguridad en el proceso de ejecución y confiabilidad en el producto.	Ofrecer un servicio de forma cercana y personalizada; llamar a los clientes por su nombre con educación y empatía Consultar y analizar la información posible de los clientes, para conocer cuáles son sus necesidades; obtenida la información, se inicia la forma de aportarles valor, es decir con recomendaciones, capacitaciones. Cambiar la mentalidad de los clientes y tomar las sugerencias como plan de mejora del producto. Realizar seguimiento del producto con una comunicación directa con los clientes y así ganar su confianza.

7.4.5.4 Promoción y Comunicación: (ATL-BTL-TTL).

Figura 44

Promoción y Comunicación



KPI: Indicador Clave de Desempeño.

Según el método de Marquis “The Goal Question Metric”

En la fase inicial como prototipo se determinan aspectos relevantes que aporten al diseño de indicadores de claves de desempeño cuando éste sea aprobado como dispositivo.

¿Cuál es el objetivo que está en análisis?

- Audiencia que queremos impactar: Instrumentadores Quirúrgicos y personal administrativo de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud,

¿Cuál es el propósito que queremos conseguir?

- Posicionar marca.

¿Qué vamos a medir?.

- % de personas de nuestro mercado objetivo.

¿Cuál es el entorno o ambiente de medición?

- Grupo Focal: Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud.

¿Cuál es el punto de vista de donde vamos a extraer las muestras?

- Del consumidor; esto aplica para una segunda fase.

Presupuesto. Se detalla el costo de cada uno de los materiales que se usaron en la elaboración del prototipo tanto por unidad como por cantidades de 10 y 100, lo que permite comparar el costo con otros dispositivos del mercado. Ver Apéndice B

7.4.5.5 Conclusiones Preliminares del Plan de Marketing.

- Prototipo Santandereano que para su fase inicial se encuentra en condiciones aceptables para realizar las pruebas directamente en salas de cirugía.

- Su fase inicial reúne las necesidades requeridas en cirugía para un óptimo recuento de compresas.

- Al disminuir los costos de fabricación se mejora el precio del producto, a mayor volumen mejor precio para el cliente.

8. Discusión

Los eventos adversos por retención de compresas o gases intracorporales continua siendo un tema prioritario para las instituciones prestadoras de servicios de salud, se evidencia un gran avance en la innovación de dispositivos a nivel nacional e internacional, para minimizar el oblito quirúrgico, como la tecnología que utiliza la radiofrecuencia (RF) de baja frecuencia, que aporta una alta precisión y sensibilidad para la detección de compresas intracorporales retenidas, disminuyendo el tiempo en la búsqueda cuando existen los recuentos incompletos y en las radiografías para descartar la presencia de compresas en cavidad, lo que favorece en la disminución de costos y prestigio para la institución. Se encuentran en el mercado dispositivos de última tecnología en radiofrecuencia (RF) promovidos por prestigiosas casas comerciales para la detección de compresas en cavidad y alrededor del campo estéril; esta tecnología incluye una variedad de componentes que permiten a través de la radiofrecuencia seguridad al paciente y equipo quirúrgico al realizar los recuentos en los procedimientos. En Colombia de igual manera, se realizó un estudio para el desarrollo de un dispositivo electrónico que identifica fácilmente material textil e instrumental quirúrgico en la cavidad del paciente, mediante un oscilador de frecuencia que de acuerdo a sus elementos es efectivo y de bajo costo; asimismo, el presente estudio diseña un prototipo para el recuento automatizado de compresas en cirugía que consta de un recipiente, un soporte metálico y tres módulos (emisor, receptor y display), con características idóneas para su desempeño como: registro continuo de las compresas desechadas en el recipiente, disminución del tiempo para la aplicación del protocolo de compresas con recuentos confiables y oportunos, sistema infrarrojo que permite el envío de la luz al módulo emisor y la captura de la señal a través del módulo receptor que a su vez emite la señal al módulo display para que aumente su recuento en una unidad, cuenta de 00 a 99 unidades de compresas dentro de

cada recuento en cirugía; en las pruebas realizadas se evidencia un 100% de funcionamiento con capacidad para un recuento elevado y continuo de compresas, con duración óptima de la batería, correcto reinicio del equipo y fácil traslado; quedando registrado en el manual de instrucciones las precauciones para su manejo.

9. Conclusiones

Con base en los objetivos planteados se concluye que:

- Se elabora el diseño de un prototipo de automatización que reúne las necesidades requeridas en cirugía para un óptimo recuento de compresas; conformado por un recipiente, 3 módulos (emisor, receptor y display) y un soporte metálico que permite la sincronización entre los módulos y lo hace portátil; su operatividad es a través de luz infrarroja que al ser interrumpida realiza el recuento continuo de las compresas en el recipiente.
- La ejecución de la prueba piloto con resultado del 100% de funcionamiento, comprueba que este prototipo en su fase inicial proporciona al Instrumentador Quirúrgico confianza en el recuento de compresas, asimismo, es un aporte a la prevención de eventos adversos y seguridad del paciente.
- La construcción del manual de instrucciones ofrece una guía práctica que orienta al personal del área quirúrgica en su manejo, de acuerdo con las siguientes características: instalación, funcionamiento, descripción, limpieza - desinfección, precauciones y mantenimiento.
- El desarrollo del plan de marketing en su fase inicial comprende la organización estratégica con características esenciales y acciones a ejecutar progresivamente con aportes a la construcción y actualización permanente del prototipo de automatización en el recuento continuo de compresas en cirugía, hasta que logre alcanzar los objetivos de negocio como dispositivo.

Se considera que este prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas es un aporte de la academia en el desarrollo de la innovación y la tecnología para la prevención de eventos adversos (oblito quirúrgico) en cirugía en las instituciones prestadoras de servicios de salud.

10. Recomendaciones

Es pertinente que este proyecto continúe en varias fases para lograr su diseño como dispositivo; para la siguiente fase se considera implementar el prototipo en salas de cirugía de las instituciones prestadoras de servicios de salud, que permita aporte de los expertos (Instrumentadores Quirúrgicos) para perfeccionar su diseño, a la vez, ofrecer capacitación del manual de instrucciones al personal del área quirúrgica para acceder a un manejo sin contratiempos.

Actualización del manual de instrucciones en cada fase que se continúe el proyecto, con el propósito de presentar una guía didáctica que alcance un manejo con calidad del prototipo hasta llegar a su diseño como dispositivo.

Tener en cuenta el plan de marketing propuesto como prototipo para iniciar en la siguiente fase su ejecución y mejoramiento, de tal manera que genere avance en su construcción hasta lograr desarrollarlo como dispositivo con alcance de objetivo de negocio en el país.

Publicación de artículo científico como aporte a la innovación y tecnología de la región.

Referencias Bibliográficas

- Calle, T. C., y Baca, J. A. (2019). *Efectividad Del Uso De La Radiofrecuencia En La Detección De Esponjas Quirúrgicas Retenidas* [Tesis de grado, Universidad Privada Norbert Wiener]. http://190.187.227.76/bitstream/handle/123456789/3488/T061_44689205-46977861_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castilla, N., Gomez, H., y Quintero, M. R. (2017). *Seguridad Del Paciente En El Ámbito Quirúrgico*. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021243259/>
- Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1164 de 2007. *Por la cual se dictan disposiciones en materia del Talento Humano en Salud*. Diario Oficial No. 46.771. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY_1164_DE_2007.pdf
- Congreso de la República. (2012). Decreto 2078 de 2012. *Por el cual se establece la estructura del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), y se determinan las funciones de sus dependencias*. Diario Oficial No. 48.577. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2078_2012.html
- Corte constitucional y Consejo Superior de la Judicatura. (2016). *Constitución Política de Colombia 1991. Actualizada con los Actos Legislativos a 2016*. [http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion politica de Colombia.pdf](http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucionpolitica%20de%20Colombia.pdf)
- Espinosa C. Y Zuluaga D. (2019). Identificador de apósitos y material quirúrgico en cirugías. *MetalNNova*. 2, 39–43. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/metalnnova/article/view/2304/2981>
- Gutiérrez, J. A., Asprilla, E., & Gutiérrez, J. M. (2016). Estado del arte del emprendimiento empresarial en materia de ciencia, tecnología e innovación. *Revista Universitaria Ruta*, 18(2), 1–25. <https://revistas.userena.cl/index.php/ruta/article/view/795/870>

<https://www.netinbag.com/es/health/what-is-a-surgical-sponge.html#:~:text=>

Lizcano, P., & Camacho, J. (2019). Evaluación de Tecnologías en Salud: Un Enfoque Hospitalario para la Incorporación de Dispositivos Médico. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 40(3), 1–8.

Martín, P., Roca, C., Rosero, J., & Saltos, A. (s.f.). *Textiloma: Aspectos imagenológicos, presentación de un caso y revisión de la literatura. Foto 1*, 7.

[https://hospitalalcivar.com/uploads/pdf/TEXTILOMA aspectos imagenologicos.pdf](https://hospitalalcivar.com/uploads/pdf/TEXTILOMA%20aspectos%20imagenologicos.pdf)

Mendizábal, I. R. (2019). *Innovación y ciencia ficción*. 10, 1–9.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7076204>

Ministerio de Ciencia. (2019). Ley 1951 de 2019. *Por la cual crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 50.846.

<http://www.suinjuriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036139>

Ministerio De Salud Y Protección Social. (1993). Resolución N° 008430 De 1993. *Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*.

https://www.urosario.edu.co/EscuelaMedicina/Investigacion/Documentosdeinteres/Files/resolucion_008430_1993.pdf

Ministerio DE Salud y Protección Social. (2014). Evaluación de la frecuencia de eventos adversos y monitoreo de aspectos claves relacionados con la seguridad del paciente.

Ministerio de La Protección Social, 2(1), 94.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/Monitorear-aspectos-claves-seguridad-paciente.pdf>

Ministerio De Salud Y Protección Social. (2019). Resolución Número 003100 de 2019. *Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud.*

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3100-de-2019.pdf>

Ministerio De Salud Y Protección Social. (2019). *Seguridad del paciente.*

<https://www.minsalud.gov.co/salud/CAS/Paginas/seguridad-del-paciente.aspx>

Ministerio De Salud Y Protección Social. (s.f.). *Mejorar La Seguridad En Los Procedimientos Quirúrgicos.*

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/seguridad-en-procesos-quirurgicos.pdf>

Ministerio Protección Social. (2008). Resolución 4816 de 2008. *Por la cual se reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia.* Diario Oficial No. 47.201.

<http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Tecnovigilancia/Resoluci%C3%B3n%204816%20de%202008.pdf>

Navarro, S., y Mansilla, G. (2016). *La Importancia Del Instrumentador Quirúrgico en la Prevención de Oblitos.* 19–29.

Nethinbag. (s.f.). *¿Qué es una esponja quirúrgica?*

OMS. (2004). *Responsables de salud de todo el mundo se unen a la Organización Mundial de la Salud en el anuncio de un redoblado esfuerzo para mejorar la seguridad del paciente.*

<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr74/es/#:~:text=LaOMS%2C>

OMS. (s.f.). *Seguridad del paciente.* https://www.who.int/topics/patient_safety/es/

Pérez, J., & Gardey, A. (2012). *Definición de Marketing*. <https://definicion.de/marketing/>

Puerta, C. V. (2018). *Práctica Clínica E Innovación En Salud*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7141896>

Real Academia Española. (s.f.-a). *Compresa*. <https://dle.rae.es/compresa>

Real Academia Española. (s.f.-b). *Recuento*. <https://dle.rae.es/recuento?m=form>

Rocco, C., y Garrido, A. (2017). Seguridad Del Paciente Y Cultura De Seguridad. *Revista*

Médica Clínica Las Condes, 10(6), 331–332. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864017301268>

Rodríguez, D., y Losardo, R. (2018). *Historia de la seguridad del paciente. Hitos principales, desde los albores de la civilización hasta los primeros retos globales y el estudio IBEAS*.

http://www.neumo-argentina.org/images/revistas/revista_ama_n4_2018.pdf#page=27

Shopify. (s.f.). *Emprendimiento*. <https://www.shopify.com.co/>

Suárez, R. (2018). Reflexiones sobre el concepto de innovación. *Revista San Gregorio*, 24(1), 120–131. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6839735>

Szafir, D., y Silva, C. (2014). Oblitos en Cirugía. Responsabilidad Colectiva o Individual. *Cadernos Do Programa de Pós-Graduação Em Direito – PPGDir./UFRGS*, 1(3).

<https://doi.org/10.22456/2317-8558.50249>

Tole, H. D., y Cadavid, N. (2018). Instrumentador quirúrgico: Iatrogenia, eventos frecuentes y responsabilidad en el quirófano. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 27(2), 124–130. <https://doi.org/10.31260/repertmedcir.v27.n2.2018.185>

Universidad de Santander. (2013). *Estatuto De Propiedad Intelectual*. 26(4), 551–556.

https://udes.edu.co/images/la_universidad/documentos/estatuto_de_propiedad_intelectual.pdf

Universidad de Santander. (2018). *Proyecto Educativo Institucional*.

<https://udes.edu.co/images/antiguas/bucaramanga/anexos/Acuerdo No. 031 PEI.pdf>

Vaquero, L. (2016). Fotodetectores En La Banda De Infrarrojos, Fibra Óptica [Universidad Autonoma De Madrid]. In *Zaguan.Unizar.Es*.

https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/669996/Vaquero_Garzon_Luis_tfg.pdf?sequence=1

Zerón y Gutiérrez de Velasco, J. A. (2019). Beneficencia y no maleficencia. *Rev. ADM*, 76(6), 306–307. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2019/od196a.pdf>

Apéndices

Apéndice A. Elementos que Conforman el Diseño del Prototipo

Semiconductor.

Un semiconductor es un material a medio camino entre los conductores y los aislantes, en lo que a su capacidad de conducir corriente eléctrica respecta. Un semiconductor en estado puro (intrínseco) no es ni buen conductor ni aislante. Los semiconductores más comunes de sólo un elemento son el silicio, el germanio y el carbón. Los semiconductores compuestos, tales como el arseniuro de galio y el fosfuro de indio, también son de uso común. Los semiconductores de un solo elemento están caracterizados por átomos con cuatro electrones de valencia. (Vaquero, 2016)

Silicio y Germanio.

El silicio es un material más utilizado en diodos, transistores, circuitos integrados y otros dispositivos semiconductores. Tanto el silicio como el germanio tienen los cuatro electrones de valencia característicos, los electrones de valencia de germanio residen en la cuarta capa, mientras que los de silicio están en la tercera, más cerca al núcleo; esto significa que los electrones de valencia del germanio se encuentran a niveles de energía más altos que aquellos de silicio y, por consiguiente, requieren una cantidad de energía adicional más pequeña para escaparse del átomo. (Vaquero, 2016)

Tipos de Semiconductores.

Existen dos tipos de materiales semiconductores extrínsecos (impuros), el tipo N y el tipo P, son los bloques de construcción fundamentales en la mayoría de los tipos de dispositivos electrónicos. (Vaquero, 2016)

Diodo.

Si se toma un bloque de silicio y se dopa una parte de él con una impureza trivalente y la otra con una impureza pentavalente, se forma un límite llamado unión PN, entre las partes tipo P y tipo N resultantes y se crea un diodo básico. Un diodo es un dispositivo que conduce corriente en una sola dirección como se muestra en la figura No. 49. Diodo. Su característica más importante es que el voltaje que cae en sus terminales es de 0.7 voltios si es de silicio y 0.4 voltios si es de germanio. (Vaquero, 2016)



Diodo Emisor de Luz (Led).

Cuando el dispositivo está polarizado en directa, los electrones atraviesan la unión PN desde el material tipo N y se recombina con el material tipo P. Cuando ocurre la recombinación, los electrones liberan energía en la forma de fotones, una gran área expuesta es una capa del material semiconductor, permite que los fotones sean emitidos como luz visible. Este proceso llamado

electroluminiscencia. Se agregan varias impurezas durante el proceso de dopado para establecer la longitud de onda de la luz emitida. La longitud de onda determina el color, la luz visible. Algunos LED emiten fotones con longitudes de onda más largas que no forman parte del espectro visible y localizado en la parte infrarroja (IF) del espectro, como se muestra en la figura el Diodo Emisor de Luz (LED). (Vaquero, 2016)

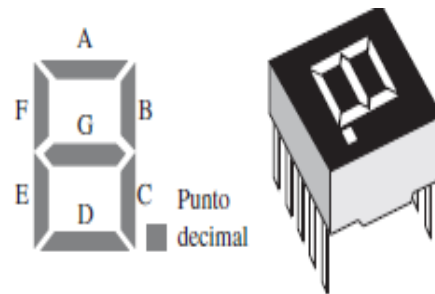
**Fotodiodo.**

El fotodiodo es un dispositivo que opera con polarización en inversa. El fotodiodo tiene una pequeña ventana transparente que permite que la luz choque con la unión PN. Un fotodiodo difiere de un diodo rectificador en que cuando su unión PN se expone a la luz, la corriente en inversa se incrementa con la intensidad de la luz; cuando no hay luz incidente, la corriente en inversa es casi despreciable y se llama corriente oscura. Ver figura (Vaquero, 2016).

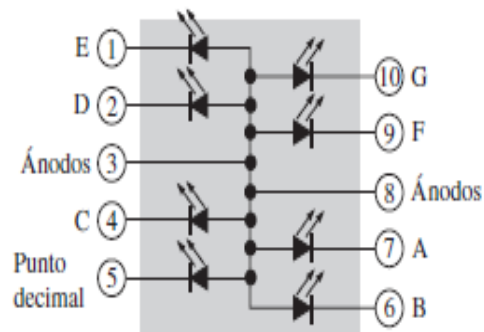
**Display 7 Segmentos.**

Se utilizan los LED estándar en lámparas indicadoras y pantallas para salidas de datos en una amplia variedad de instrumentos. Un tipo común de dispositivos de visualización que utiliza LED es la pantalla de siete segmentos. Combinaciones de estos segmentos forman los diez dígitos decimales como se muestra en la figura No. 52. Cada segmento de la pantalla es un LED mediante una selecta polarización en directa se pueden combinar los segmentos para formar cualquier dígito

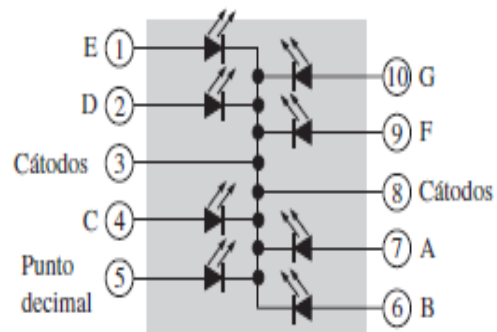
decimal y el punto decimal. Dos tipos de configuraciones de circuito con LED son el ánodo y el cátodo comunes (Vaquero, 2016)



(a) Agrupamiento de segmentos LED y dispositivo típico



(b) Ánodo común



(c) Cátodo común

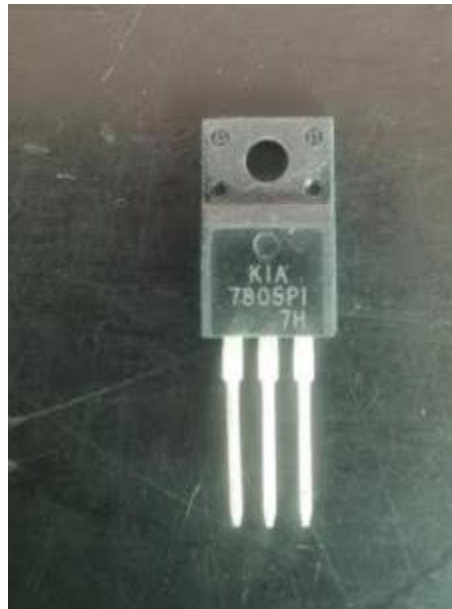
Nota: Adaptado de Vaquero. (2016). fotodetectores en la banda de infrarrojos, fibra óptica, por L.

A continuación, en este prototipo se utilizan dos display 7 segmentos, el primero indica las décimas y el segundo las unidades, ya que va a contar de 00 a 99 como se muestra en la figura



Reguladores De Voltaje.

Se conecta un regulador de voltaje a la salida de un rectificador filtrado o de una fuente de voltaje continuo y a la salida mantiene un voltaje constante pese a los cambios de la entrada. (Vaquero, 2016). Para el prototipo se utiliza un 7805 como se muestra en la figura No.54. Su característica más importante es que su salida suministra 5 voltios.

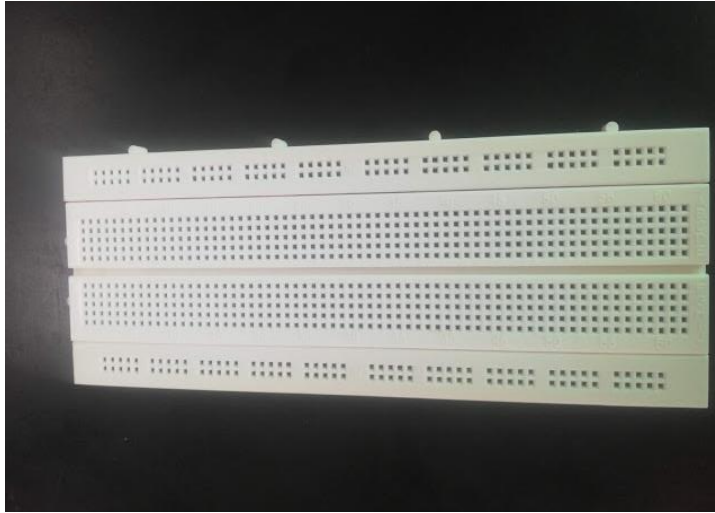
**Resistencia.**

Se puede ver a la resistencia por analogía, como un corte por obras en una carretera. Todos estamos familiarizados con la resistencia que ofrece un embotellamiento al paso de los vehículos. El estrechamiento y ensanchamiento de la carretera y el pequeño espacio comprendido entre ambos hacen que el tráfico pase más lentamente a través del obstáculo. Esto mismo puede aplicarse a los materiales resistivos con los que están construidas las resistencias (carbón, grafito, etc.) cuya misión en el circuito será obligar a que los electrones circulen más lentamente. (Vaquero, 2016) La resistencia para este prototipo es limitar la corriente y cuidar el LED, el Fotodiodo y el display siete segmentos. Ver figura.



Protoboard.

El protoboard se utiliza solamente en la etapa de simulación, quiere decir que, en la entrega final no se visualiza este elemento. Ver figura

**Fuente De Voltaje.**

Se utilizará una fuente de voltaje de 9 voltios cuadrada, puede ser de tipo alcalina recargable o de otro principio. A continuación, se muestra en la figura.



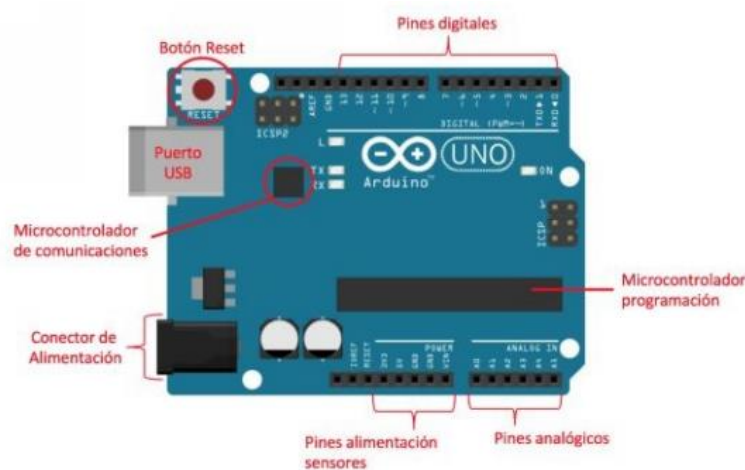
Fototransistor.

Un fototransistor es esencialmente un transistor, es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada. Además, es capaz de aprovechar la energía de la luz incidente que recibe. Por esto, el fototransistor puede trabajar en modo de iluminación generando corriente a partir de la luz. Ver figura (Vaquero, 2016)

**Arduino.**

Es una plataforma de código abierto de prototipos electrónicos que se basa en hardware y software flexibles y fáciles de usar que ponen al alcance de cualquier persona la construcción electrónicos/robots.

Para esta investigación se puede definir como mother board (tarjeta principal o tarjeta madre); esto se debe a que lleva un microcontrolador en el que se carga el programa software que es necesario desarrollar para darle vida a la placa como se muestra en la figura No.59 es el Arduino 1.



Botón Reset.

El botón RESET permite reiniciar el programa que se ha cargado en el microcontrolador interrumpiendo la ejecución actual, tener en cuenta que no borra el programa que se ha cargado, únicamente él inicia el recuento de compresas a cero. Ver figura.

**Conector De Alimentación.**

El Arduino dispone de un puerto de alimentación externo que permite hacer funcionar la placa sin utilizar un ordenador; además se va a alimentar con una pila de 9 voltios cuadrada tanto para el Arduino como el receptor y emisor. Ver figura.



Apéndice B. Presupuesto**Presupuesto.****Unidad**

PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN FASE INICIAL DEL PROTOTIPO AUTOMATIZADO DE RECuento DE COMPRESAS			
Cant	Descripción	Val. Unitario	Val. Total
3	Regulador de voltaje 7805	\$ 5.000	\$ 15.000
1	Fotodiodo	\$ 5.000	\$ 50.000
1	LED Verde	\$ 500	\$ 500
1	Fototransistor	\$ 5.000	\$ 5.000
3	Condensadores 10uF a 25 V	\$ 300	\$ 900
12	Resistencias variadas	\$ 250	\$ 3.000
2	Batería cuadrada de 9 voltios	\$ 10.000	\$ 20.000
1	Tarjeta Arduino 1	\$ 60.000	\$ 60.000
2	Display siete segmentos	\$ 3.500	\$ 7.000
1 mt	Cable Ribbon	\$ 5.000	\$ 5.000
1	Interruptor ON/OFF	\$ 3.500	\$ 3.500
1	Pulsador reset Normalmente Abierto	\$ 3.000	\$ 3.000
3	Cajas en acrílico	\$ 50.000	\$ 150.000
1	Canasta de desecho color rojo	\$ 60.000	\$ 60.000
3	Diseño de los caminos en la Tarjeta Electrónica	\$ 30.000	\$ 90.000
3	Tarjetas Electrónicas impresas	\$ 50.000	\$ 150.000
1	Software de diseño	\$ 300.000	\$ 300.000
1	Soporte metálico	\$200.000	\$200.000
	Ensamblaje	\$300.000	\$300.000
		SUBTOTAL	\$ 1'422.900
		IVA	\$270.351
		TOTAL	\$1'693.251

10 unidades

PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN FASE INICIAL PROTOTIPO AUTOMATIZADO DE RECuento DE COMPRESAS			
Cant	Descripción	Val. Unitario	Val. Total
30	Regulador de voltaje 7805	\$ 5.000	\$ 150.000
10	Fotodiodo	\$ 5.000	\$ 500.000
10	LED Verde	\$ 500	\$ 5.000
10	Fototransistor	\$ 5.000	\$ 50.000
30	Condensadores 10uF a 25 V	\$ 300	\$ 9.000
120	Resistencias variadas	\$ 250	\$ 30.000
20	Batería cuadrada de 9 voltios	\$ 10.000	\$ 200.000
10	Tarjeta Arduino 1	\$ 60.000	\$ 600.000
20	Display siete segmentos	\$ 3.500	\$ 70.000
10 mt	Cable Ribbon	\$ 5.000	\$ 50.000
10	Interruptor ON/OFF	\$ 3.500	\$ 35.000
10	Pulsador reset Normalmente Abierto	\$ 3.000	\$ 30.000
30	Cajas en acrílico	\$ 40.000	\$ 120.000
10	Canasta de desecho color rojo	\$ 60.000	\$ 600.000
3	Diseño de los caminos en la Tarjeta Electrónica	\$ 25.000	\$ 75.000
30	Tarjetas Electrónicas impresas	\$ 40.000	\$ 1.200.000
1	Software de diseño	\$ 300.000	\$ 300.000
10	Soporte metálico	\$ 200.000	\$ 2'000.000
	Ensamblaje	\$280.000	\$280.000
		SUBTOTAL	\$6'304.000
		IVA	\$1'197.760
		TOTAL	\$7'501.760

100 unidades

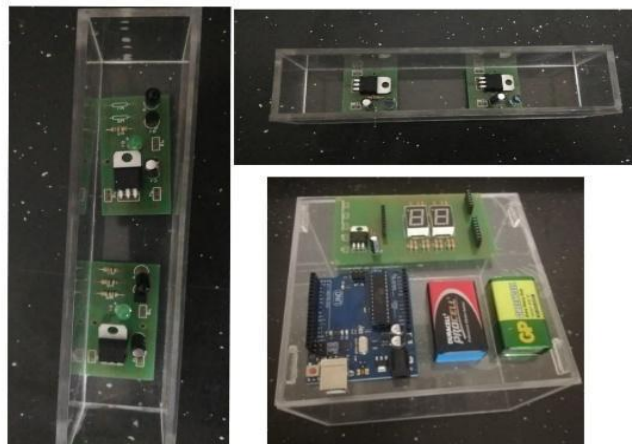
PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN FASE INICIAL PROTOTIPO AUTOMATIZADO DE RECuento DE COMPRESAS			
Cant	Descripción	Val. Unitario	Val. Total
300	Regulador de voltaje 7805	\$ 4.000	\$1'200.000
100	Fotodiodo	\$ 4.000	\$ 400.000
100	LED Verde	\$ 400	\$ 40.000
100	Fototransistor	\$ 4.000	\$ 400.000
300	Condensadores 10uF a 25 V	\$ 250	\$ 75.000
1200	Resistencias variadas	\$ 200	\$ 240.000
200	Batería cuadrada de 9 voltios	\$ 8.000	\$ 1'600.000
100	Tarjeta Arduino 1	\$ 50.000	\$ 5.000.000
200	Display siete segmentos	\$ 3.000	\$ 600.000
100 mt	Cable Ribbon	\$ 4.000	\$ 400.000
100	Interruptor ON/OFF	\$ 2.500	\$ 250.000
100	Pulsador reset Normalmente Abierto	\$ 2.500	\$ 250.000
300	Cajas en acrílico	\$ 30.000	\$ 9.000.000
100	Canasta de desecho color rojo	\$ 50.000	\$ 5.000.000
3	Diseño de los caminos en la Tarjeta Electrónica	\$ 25.000	\$ 75.000
300	Tarjetas Electrónicas impresas	\$ 35.000	\$ 10.500.000
1	Software de diseño	\$ 300.000	\$ 300.000
100	Soporte metálico	\$ 100.000	\$10.000.000
	Ensamblaje	\$250.000	\$250.000
		SUBTOTAL	\$45'580.000
		IVA	\$8'660.200
		TOTAL	\$54'240.200

Apéndice C. Manual de Instrucciones

Instalación.

- Los módulos que conforman el prototipo son: emisor, receptor, display como se muestra en la figura No. 30; el módulo del emisor debe estar sincronizado con el módulo del receptor para su funcionamiento.

Figura 32. Módulos que conforman el prototipo.



- Instalación de un LED verde que al estar energizado se enciende y se apaga cuando existe una correcta sincronización entre los módulos. Este prototipo es alimentado eléctricamente a través de dos baterías de 9 voltios, un interruptor de encendido/apagado, un botón de reset (para volver a colocar en cero los display), los cuales están ubicados en el módulo del display; la figura No 31 indica la ubicación de los módulos en el recipiente.

Figura 33. Módulos en el recipiente.



Funcionamiento.

El prototipo consta de tres módulos que interactúan entre sí: el primero, es el módulo del emisor ubicado a la izquierda del recipiente, se encarga de emitir una luz infrarroja todo el tiempo que se encuentre energizado; el segundo, es el módulo del receptor ubicado a la derecha del recipiente, su objetivo es capturar la luz todo el tiempo, en el momento que se suspenda, asumirá que este suceso se debe al paso de la compresa al interior del recipiente y enviará una señal al módulo del display que se encuentra ubicado en la parte frontal del recipiente; éste se encarga de procesar la señal emitida por el módulo del receptor para incrementar el recuento en el display siete segmentos; en caso que el usuario desee resetear el display lo hará a través de este módulo. En el módulo del display se concentra el software del prototipo que le permitirá al usuario encender/apagar y a su vez resetearlo.

Descripción.**Paso 1**

Ubique el recipiente en la sala de cirugía con su respectiva bolsa roja detrás del Instrumentador Quirúrgico, teniendo en cuenta un metro de distancia que permita el desplazamiento.

Paso 2

Instale el soporte metálico del prototipo en el recipiente como se muestra en la figura No 32, este soporte contiene el módulo del emisor, módulo del receptor y módulo del display.

Figura 34. Soporte metálico con los módulos.



Paso 3

Verifique la correcta conexión de los cables de alimentación y comunicación entre el módulo del emisor, módulo del receptor y módulo del display, como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Conexión de los cables de alimentación.

**Paso 4**

Encienda el prototipo y compruebe que el módulo del display se encuentre en 00 como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Encendido/apagado del prototipo.



Paso 5

Realice una prueba de recuento antes de iniciar el procedimiento quirúrgico; esta prueba consiste en pasar la mano por la mitad del recipiente y chequear que el recuento fue activado; el display incrementa su valor en una unidad cada vez que exista una interrupción, como se muestra en la figura 37.

Figura 37. Prueba de inicio.

**Paso 6**

Presione el botón reset para reiniciar el prototipo y dejar el display en 00, como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Botón reset.



Limpieza – desinfección.

Aplique un producto que garantice limpieza y desinfección en una aplicación, con una concentración de amonio cuaternario de quinta generación que elimina un amplio espectro de bacterias y levaduras en un contacto.

- Por aspersión:

Realice la aspersión a una distancia entre 10 y 15 cm; remueva el exceso con un paño de microfibra.

- Por contacto:

Humedezca un paño de microfibra con la cantidad necesaria y aplique por todo el equipo.

Precauciones:

- El prototipo registra todo material desechado en el recipiente.
- El prototipo registra compresas de forma consecutiva; evite desechar las compresas en bloque.
- Evite pasar la mano sobre el prototipo.
- Considere que, si la compresa cae sobre el módulo del emisor y en el módulo del receptor, el contador incrementará de manera constante arrojando resultados erróneos.
- Evite golpes, caídas.
- Se recomienda el uso de baterías alcalinas o baterías recargables; el tiempo de duración dependerá del tipo de batería suministrada por la institución. Para cambio de la batería, recuerde el destornillador de estrella para abrir el módulo del display.
- Se prohíbe el uso de alcohol para limpieza; este producto opaca el material y provoca daños al prototipo en general.

Mantenimiento.

Se realiza mantenimiento anual, no requiere calibración, debe ser manipulado por el servicio técnico autorizado por el fabricante.

Apéndice D. Carta Cesión de Derechos

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Bucaramanga a los 20 días del mes de Febrero de 2022

A quien corresponda

PRESENTE

Por medio del presente documento me permito solicitar la cesión de derechos de autor. Yo, *Iván Alfonso Atuesta Álvarez* de nacionalidad Colombiana y con número de identificación nacional 91476068. Expreso mi deseo y conformidad de ceder los derechos de autor y el diseño industrial de mi obra ***Prototipo de automatización para el recuento continuo de compresas en cirugía "Compresses Counter"*** a *Dayana Katherine López Maldonado* de nacionalidad Colombiana y con número de identificación nacional CC 1098825671, *Milady Rocío Osuna Calderón* de nacionalidad Colombiana con número de identificación nacional CC 1098791552 y *Lina Margarita Álvarez Suárez* de nacionalidad Colombiana con número de identificación nacional CC 1095954960.

Manifiesto que el trabajo es completamente original, no ha sido publicado ni mostrado, por ende, es inédito y soy el único autor del mismo.

Lo anterior con carácter permanente e irrevocable y a título gratuito. Teniendo efecto desde el momento en que se reciba la carta.

Atentamente,

ING. IVAN ATUESTA A.
Universidad
Pontificia Bolivariana
RH-201504-167

Nombre completo y firma

IVAN ALFONSO ATUESTA A.

Email

ivan.032875@gmail.com

Bucaramanga, 2 de febrero de 2022

CUENTA DE COBRO

Dayana Katherine López Maldonado

CC 1098825671

Milady Rocío Osuna Calderón

CC 1098791552

Lina Margarita Álvarez Suárez

CC 1095954960

DEBE A:

IVAN ALFONSO ATUESTA ALVAREZ

CC: 91'476,068 de Bucaramanga

LA SUMA DE

UN MILLON DE PESOS (\$1'000,000)

POR CONCEPTO DE: Elaboración del equipo de contador de compresas.

Cordialmente,

ING. IVAN ATUESTA A.

Universidad
Pontificia Bolivariana

RH-201504-167

Ing. Iván Alfonso Atuesta A.

CC: 91'476,068 de Bucaramanga