



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**DESARROLLO PROTOTIPO DE TAPADERA PARA CONTENEDOR DE RESIDUOS  
PUNZOCORTANTES MEDIANTE IMPRESIÓN 3D**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**21811120 JORGE ANDRÉS BAUTISTA PORTILLO**

**ASESOR METODOLÓGICO: REYNA VALLE**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.**

**MARZO 2024**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, deseo dedicar mi tesis a Dios, fuente de sabiduría y guía en cada paso de mi vida. Así mismo quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, Karla Portillo Orellana y Francis Bautista Carvajal, quienes han sido un constante respaldo en mi camino hacia este logro. Su amor incondicional, apoyo inquebrantable y constante inspiración han sido fundamentales para alcanzar este proyecto. Han sido mis pilares, alentándome a seguir adelante, superar desafíos y perseguir mis aspiraciones. Esta tesis es un tributo a los valores y la educación que me han brindado. Cada paso que doy hacia el éxito refleja su dedicación como padres. Espero que este trabajo pueda rendir homenaje al esfuerzo y la confianza que siempre han depositado en mí.

A mis hermanos, Karla Bautista y Francis Bautista que han sido parte de esta travesía. También dedico este logro a mi abuelo, quien estuvo a mi lado desde el inicio de este camino. Aunque partió antes de su finalización, su fe inquebrantable en mí nunca desapareció. Hoy, en su memoria, doy este paso significativo, sabiendo que él estaría lleno de orgullo. Cada uno de sus sabios consejos se reflejó en mi dedicación, perseverancia, paciencia y amor que invertí en este proyecto. Su ausencia se siente, pero su espíritu me acompaña en este momento especial. Te extraño profundamente y te envío un abrazo hasta el cielo abuelo.

-Jorge Andres Bautista Portillo

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en este viaje académico. En primer lugar, agradezco a Dios por su guía constante y sabiduría que han iluminado mi camino en cada etapa de este proceso. También quiero reconocer el apoyo inquebrantable de mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en este viaje lleno de desafíos. Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Hospital Regional de occidente y el Hospital Mario Catarino Rivas por su generosidad al abrirme las puertas y permitirme llevar a cabo esta investigación que ha sido fundamental.

Adicionalmente, quiero expresar un agradecimiento especial a Diana Herrera por sostenerme en cada desafío y por ser mi fuente de inspiración y a mis queridos amigos que, durante todo este proyecto, su apoyo, orientación y consejos, siempre estuvieron a mi lado, apoyándome en cada etapa, en los momentos de avance y en los desafíos. Este logro no habría sido posible sin la valiosa contribución de cada persona que ha formado parte de este proyecto.

-Jorge Andres Bautista Portillo

## RESUMEN EJECUTIVO

La mala gestión en los hospitales en cuanto a la falta de recipientes adecuados, protocolos, y capacitación para el manejo de desechos punzocortantes es causante de diversas heridas ocasionadas en los establecimientos, lo que conllevan riesgos graves para el personal médico, los pacientes y el medio ambiente. La falta de manejo adecuado aumenta el riesgo de infecciones para el personal sanitario y los pacientes, así como la contaminación ambiental si los desechos terminan en lugares inapropiados. Debido a las diversas lesiones producidas por los residuos punzocortantes en el personal de salud y la necesidad de disminuir los riesgos asociados a esto, la investigación se centra en recolectar datos cualitativos sobre necesidades de los centros de salud mediante encuestas y entrevistas y sobre la gestión actual de estos residuos en los establecimientos de salud participantes, además de diseñar un modelo con SolidWorks para satisfacer dichas necesidades. Se observó que el personal no usa los contenedores adecuados, planteando preocupaciones de seguridad.

Se desarrolló un prototipo de tapadera para recipientes de residuos punzocortantes mediante la tecnología de impresión 3D utilizando el material PETG, considerando los insumos disponibles en organizaciones de salud. Se recopiló datos cuantitativos sobre dos centros afectados y costos asociados, adoptando un enfoque mixto. El prototipo se desarrolló con el material PETG por su resistencia y facilidad de impresión. Además, para garantizar el correcto funcionamiento del prototipo, se desarrollaron simulaciones de flexión y fuerza en SolidWorks que indicaron que el dispositivo puede soportar fuerzas habituales y es lo suficientemente resistente para ser utilizado para lo que está destinado. Aunque el prototipo resultó no ser el más económico, este se adapta a los recursos disponibles en hospitales y es bien recibido por el personal de salud según las entrevistas de seguimiento, demostrando ser una solución viable para abordar la problemática de gestión de residuos punzocortantes en centros de salud.

**Palabras clave:** Gestión de Residuos, PETG, SolidWorks.

## **ABSTRACT**

Poor management in hospitals in terms of lack of adequate containers, protocols, and training for the management of sharps waste is the cause of various injuries caused in the facilities, leading to serious risks for medical personnel, patients, and the environment. Lack of proper handling increases the risk of infections for healthcare personnel and patients, as well as environmental contamination if the waste ends up in inappropriate places. Due to the various injuries produced by sharps waste in healthcare personnel and the need to decrease the risks associated with this, the research focuses on collecting qualitative data on needs of healthcare facilities through surveys and interviews and on the current management of these wastes in the participating healthcare facilities, in addition to designing a model with SolidWorks to meet these needs. It was observed that staff do not use the proper containers, raising safety concerns.

A prototype lid for sharps waste containers was developed using 3D printing technology using PETG material, considering the supplies available in healthcare organizations. Quantitative data were collected on two affected facilities and associated costs, adopting a mixed approach. The prototype was developed using PETG material because of its strength and ease of printing. In addition, to ensure proper functioning of the prototype, flexor and force simulations were developed in SolidWorks which indicated that the device can withstand usual forces and is strong enough to be used for what it is intended. Although the prototype turned out not to be the most economical, it adapts to the resources available in hospitals and is well received by health personnel according to follow-up interviews, proving to be a viable solution to address the problem of sharps waste management in health centers.

**Keywords:** PETG, SolidWorks, Waste Management.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ESTADO DEL ARTE .....	3
2.1	ANTECEDENTES.....	3
2.2	PROBLEMÁTICA.....	18
2.3	IMAGEN INTEGRADORA.....	19
2.4	TABLA DE LIMITACIONES .....	21
III.	OBJETIVOS.....	23
3.1	OBJETIVO GENERAL .....	23
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
IV.	METODOLOGÍA.....	24
4.1	ENFOQUE .....	24
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.2.1.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	25
4.2.2.	VARIABLES INDEPENDIENTES .....	26
4.3	OBJETIVO DE MÉTODO.....	28
4.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	30
4.4.1.	SOLIDWORKS .....	30
4.4.2.	IMPRESIÓN 3D .....	30
4.4.3.	PETG .....	30
4.4.4.	TPU .....	30
4.4.5.	CALIBRE O PIE DE REY .....	30

4.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	32
4.5.1.	NIVEL DE FUNCIÓN .....	33
4.5.2.	NIVEL DE SISTEMA .....	33
4.5.3.	NIVEL DE SUBSISTEMA.....	34
4.5.4.	NIVEL DE COMPONENTE .....	34
4.6	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....	35
4.7	CRONOGRAMA.....	36
4.8	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	37
4.9	MATRIZ METODOLÓGICA .....	39
V.	RESULTADOS.....	41
5.1	ENCUESTAS (PERCEPCIÓN DE USUARIO SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS PUNZOCORTANTES) .....	41
5.1.1	OBSERVACIONES DE CAMPO .....	47
5.2	COMPARATIVA SALAS DE AMBOS HOSPITALES .....	48
5.3	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO .....	49
5.4	MATERIALES DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO .....	54
5.5	SIMULACIONES DE SOLIDWORKS .....	56
5.6.1.	ANÁLISIS FLECTOR.....	56
5.6.2.	ANÁLISIS DE FUERZA .....	60
5.6	COSTOS ASOCIADOS A LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	64
5.7	ENTREVISTAS (PERCEPCIÓN DEL USUARIO DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO) .....	65
VI.	DISCUSIÓN.....	66
VII.	CONCLUSIONES.....	68

7.1.	CONCLUSIÓN GENERAL.....	68
7.2.	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	68
VIII.	RECOMENDACIONES.....	70
	REFERENCIAS .....	71
	ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Limitaciones de estudio.....	21
Tabla 2 - Metodología de la Investigación.....	25
Tabla 3 - Objetivo de método.....	28
Tabla 4 - Cronograma .....	36
Tabla 5 - Operacionalización de variables.....	37
Tabla 6 - Matriz Metodológica .....	39
Tabla 7 - Salas Entrevistadas y Encuestadas.....	41
Tabla 8 - Comparación de las salas visitadas .....	48
Tabla 9 - Comparativa de materiales.....	54
Tabla 10 - Propiedades del análisis flector.....	57
Tabla 11 - Unidades utilizadas análisis flector .....	58
Tabla 12 - Propiedades del análisis de fuerza.....	61
Tabla 13 - Unidades utilizadas análisis de fuerza .....	61
Tabla 14 - Costos Viaje a Santa Rosa de Copan.....	64
Tabla 15 - Costos Viaje Hospital Dr. Mario Catarino Rivas.....	64
Tabla 16 - Costo Total de Prototipo .....	64

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Imagen integradora estado actual y nuevas contribuciones.....	20
Ilustración 2 - Organigrama de variables de Investigación. ....	27
Ilustración 3 - Metodología en V. ....	32
Ilustración 4 - Frecuencia de reportes por heridas de residuos punzantes.....	42
Ilustración 5 - Grafica de resultados de uso de contenedores adecuados en las salas. ....	44
Ilustración 6 - Grafica de razón por cual no utilizan recipientes adecuados.....	45
Ilustración 7 - Gráfica capacitación al personal.....	46
Ilustración 8 - Improvisación de recipiente HRO y HMCR .....	47
Ilustración 9 - Primer Diseño orificios de tapadera.....	49
Ilustración 10 - Fallas primer prototipo tapadera.....	50
Ilustración 11 - Nuevo prototipo. ....	51
Ilustración 12 - Diseño 2D de tapadera.....	51
Ilustración 13 - Diseño orificios de tapadera.....	52
Ilustración 14 - Diseño de contra tapadera.....	53
Ilustración 15 - Prototipo finalizado impreso en 3D. ....	53
Ilustración 16 - Análisis flector.....	56
Ilustración 17 - Resultado del análisis flector.....	58
Ilustración 18 - Análisis flector .....	59
Ilustración 19 - Resultado de análisis flector.....	59
Ilustración 20 - Análisis de fuerza .....	60
Ilustración 21 - Resultado de análisis fuerza tensiones.....	62

Ilustración 22 - resultado de análisis fuerza desplazamiento .....	63
Ilustración 23 - Implementación del prototipo .....	65

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 - Caja para material punzocortante.....	75
Anexo 2 - Falta de segregación de materiales punzocortantes.....	75
Anexo 3 - Botella para material punzocortante.....	76

## LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

<b>ABS</b>	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
<b>IRR</b>	Internal Rate of Return
<b>NHS</b>	National Health Service
<b>ONG</b>	Organización no gubernamental
<b>OMS</b>	Organización mundial de la salud
<b>VHB</b>	Virus de la hepatitis B
<b>VHC</b>	Virus de la hepatitis C
<b>VIH</b>	Virus de la inmunodeficiencia humana
<b>PCR</b>	Reacción en cadena de la polimerasa
<b>PETG</b>	Polietileno Tereftalato Glicol
<b>PLA</b>	Ácido Poliláctico
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>TPU</b>	Polímero Termoplástico de Poliuretano
<b>HRO</b>	Hospital regional de occidente
<b>HMCR</b>	Hospital Mario Catarino Rivas

## I. INTRODUCCIÓN

La gestión apropiada de los desechos hospitalarios se vuelve esencial para resguardar la seguridad y la salud pública. La variedad de estos desechos, que comprenden desde agujas hasta vidrios rotos, plantea desafíos significativos, especialmente debido a la carencia de recursos y presupuesto asignado para atender esta cuestión crucial. Un análisis efectuado por los autores Ferreira & Teixeira (2010) puso de manifiesto que se documentaron 54 lesiones en el año 2008 a causa de materiales contaminados, subrayando la urgencia de abordar esta problemática. En un contraste sorprendente, la falta de utilización de contenedores especializados para la segregación de residuos punzocortantes en los hospitales Mario Catarino Rivas ubicado en San Pedro Sula y el Hospital Regional de Occidente ubicado en Santa Rosa de Copán, atribuida a motivos económicos, revela una problemática adicional.

La ausencia de medidas preventivas y de conciencia contribuye a intensificar la situación. Se torna imperativo asignar recursos y presupuesto en el ámbito de la salud para prevenir riesgos en el personal de salud y atenuar la contaminación ambiental. La segregación apropiada de residuos en recipientes especializados emerge como una solución crucial para reducir riesgos. En este marco, este proyecto busca concebir un prototipo rentable mediante tecnología de impresión 3D, teniendo en cuenta los insumos disponibles en las instituciones de salud del país.

En el capítulo II se abordará la problemática que se pretende tratar con este proyecto de investigación y antecedentes de investigaciones previas similares a la presente. Además, se hará uso de una imagen integradora que abarcará el proceso de la investigación de manera ilustrativa para comprender mejor el objetivo de esta. En el capítulo III se mostrarán los objetivos específicos y el objetivo general de la investigación. Luego en el capítulo IV se tendrá la metodología, donde se presentará el enfoque de la investigación, metodología de estudio y metodología de validación. Además de las técnicas e instrumentos utilizados para llevar a cabo el proyecto y las variables de investigación que se estarán estudiando y que van asociadas a los objetivos.

Los resultados se presentarán en el capítulo V, siguiendo la línea de la metodología de estudio y de validación para exponer cada una de las variables de estudio y cumplir con los objetivos iniciales de la investigación. Finalmente, se tendrá la discusión donde se estará hablando

sobre la experiencia y las limitaciones encontradas, conclusión y recomendaciones para futuras investigaciones del proyecto en los capítulos VI, VII y VIII respectivamente.

## II. ESTADO DEL ARTE

En este segmento se explora el contexto del desarrollo de un prototipo y la necesidad de este. Además, se indagó en temas asociados a la problemática central del estudio, es decir, la gestión de residuos punzocortantes para disminuir el riesgo de lesiones.

### 2.1 ANTECEDENTES

El estudio «**Prácticas de gestión de residuos sanitarios y percepciones de riesgo: Hallazgos de hospitales en la región del Algarve, Portugal**» realizado por los autores Ferreira & Teixeira (Ferreira & Teixeira, 2010) analizó la gestión de residuos sanitarios en hospitales de la región de Algarve, Portugal, con el objetivo de evaluar el riesgo para la salud y el medio ambiente. Se incluyeron tres hospitales, abarcando el 41% de la capacidad de camas. La recopilación de datos se hizo mediante encuestas, entrevistas y observaciones en el lugar.

Los resultados obtenidos durante el estudio revelaron que la separación de residuos es la principal deficiencia, relacionándose positivamente con el contacto diario con los residuos. Las percepciones de riesgo del personal de salud son más altas para el medio ambiente y los trabajadores de residuos, y más bajas para pacientes y visitantes, asociándose con el grado de contacto diario.

En este estudio se menciona que la gestión actual de residuos en los hospitales es generalmente satisfactoria, pero la separación presenta problemas. El conocimiento sobre la correcta separación está vinculado al contacto diario con los residuos, siendo los médicos el grupo con menor conocimiento. La percepción de riesgo asigna mayor riesgo a los trabajadores de residuos y al medio ambiente, y menor riesgo a pacientes y visitantes.

La evaluación del riesgo para el personal se basó en lesiones por pinchazos de agujas, siendo los trabajadores de limpieza el grupo con mayor frecuencia de lesiones. El riesgo durante la atención al paciente es medio, mientras que con los residuos es relativamente bajo.

Se sugiere la capacitación del personal en la adecuada separación y almacenamiento de residuos como medida inicial para mejorar las prácticas actuales. Asimismo, se aconseja la revisión y mejora de la legislación vinculada a los residuos sanitarios, dado que las definiciones y

clasificaciones actuales influyen en las prácticas y percepciones del personal de salud involucrado en el estudio.

La investigación realizada «**Gestión de residuos hospitalarios en el desarrollo países: Una mini reseña**» realizado por Ali et al. (2017) se enfoca en los desafíos inherentes a la gestión de desechos hospitalarios en naciones en desarrollo, donde las actividades médicas conllevan riesgos ambientales y de salud ocupacional. Se resalta la reciente implementación de regulaciones, observándose variabilidad en su aplicación entre diversos establecimientos hospitalarios. La falta de consenso en las definiciones y metodologías para cuantificar estos desechos contribuye a disparidades en las tasas de generación.

Las deficientes prácticas en estos países, como la carencia de segregación, almacenamiento inadecuado y reciclaje ilícito engendran riesgos para la salud. La limitada conciencia y capacitación del personal médico agravan la problemática.

A pesar de restricciones económicas y tecnológicas, estrategias como la segregación en la fuente y la capacitación del personal pueden reducir tanto la huella ambiental como los costos de disposición de desechos. La sistematización de actividades a través de un sistema de información de gestión y la externalización de la eliminación a especialistas de terceros pueden propiciar generación de empleo y disminución de la pobreza.

El estudio «**Gestión de residuos sanitarios: un estudio de caso de Sudán**» realizado por los autores Hassan et al. (2018) detalló la preocupante gestión de residuos sanitarios, específicamente agujas usadas, en Khartoum, Sudán, subrayando riesgos significativos para la salud pública y el entorno. La investigación, respaldada por revisión bibliográfica, observaciones y entrevistas con profesionales de la salud, reveló la ineficiencia en la gestión de estos desechos.

La gestión problemática de residuos sanitarios en Sudán se atribuye a la mezcla indiscriminada y disposición inadecuada de los desechos, especialmente agujas usadas. Factores contribuyentes incluyen falta de segregación en la fuente, ausencia de políticas, fallos en la planificación, capacitación insuficiente, escasa conciencia sobre la peligrosidad, infraestructura débil y carencia de tecnologías adecuadas.

La tasa estimada obtenida durante el estudio de generación de residuos sanitarios osciló entre 0.38 y 0.87 kg/cama/día en 2009 y 2012, respectivamente. Esta ineficiencia en la gestión, particularmente con agujas usadas, implica riesgos para la salud pública y el medio ambiente, especialmente para los trabajadores de residuos.

En el estudio realizado se propuso la implementación de políticas e iniciativas, incluyendo medidas seguras de manipulación y eliminación, vacunación, seguridad ocupacional, notificación de lesiones por agujas y campañas de concientización. La colaboración integral de todas las partes involucradas, desde el personal de salud hasta los responsables de decisiones, a niveles estatales y federales, se presenta como esencial para abordar de manera efectiva esta problemática.

Este estudio realizado **«Residuos sanitarios y gestión de objetos punzocortantes»** realizado por el autor I. Blenkarn (2014) examinó la efectividad de los dispositivos de seguridad para objetos punzantes en la reducción de lesiones en profesionales de la salud, señalando la persistencia de errores en la eliminación y lesiones en el personal de apoyo. Se analizaron las implicaciones de externalizar servicios auxiliares en la seguridad de objetos punzantes, observando una alta tasa de lesiones en el personal de apoyo en comparación con los profesionales de la salud.

En el estudio se señaló que, a pesar del éxito del modelo de servicios externalizados en el NHS, el personal subcontratado carece de capacitación en seguridad de objetos punzantes y acceso a servicios de salud ocupacional. Esto crea un sistema de gestión de incidentes de objetos punzantes de dos niveles.

Además, se resaltó la importancia de examinar contenedores de residuos y recipientes para objetos punzantes como indicadores clave de la higiene hospitalaria y gestión de residuos. A pesar de los múltiples impulsores regulatorios para mejorar estos estándares, las lesiones por objetos punzantes persisten, muchas sin reportarse. Se destacó la necesidad de evitar problemas legales y psicológicos costosos, con impacto tanto en el individuo como en el entorno.

En conclusión, se propuso un enfoque integral con un programa común de capacitación, reporte e investigación de incidentes, y acceso compartido a instalaciones especializadas. Esto aseguraría el cumplimiento total de las obligaciones de seguridad de objetos punzantes para

todos los trabajadores en los hospitales, promoviendo la seguridad y reduciendo las consecuencias negativas asociadas a lesiones por objetos punzantes.

Un estudio **«Reducción de lesiones por objetos punzantes: un proceso de seis años y tres fases Estudio comparativo del uso de objetos punzantes pequeños en la habitación de un paciente Contenedor de eliminación con un contenedor diseñado más grande»** realizado por los autores Grimmond & Naisoro. (2014) se llevó a cabo en un hospital de Sídney con 350 camas, donde se observó un exceso de lesiones asociadas a contenedores de objetos punzantes, al utilizar contenedores pequeños. Se destaca el surgimiento del riesgo de con la adopción de contenedores de objetos punzantes en entornos médicos. En Australia, las regulaciones federales no abordan la ubicación de estos contenedores, mientras que en el Reino Unido y los Estados Unidos existen directrices que sugieren su colocación cercana al punto de uso. Este estudio respalda la recomendación internacional de ubicar contenedores de objetos punzantes inmediatamente después de su uso, lo que resulta en una significativa reducción de lesiones relacionadas con la eliminación de objetos punzantes al emplear el Dispositivo de mayor tamaño y diseño seguro montado en las habitaciones de los pacientes.

El objetivo principal fue comparar el efecto, entre 2004 y 2010, de emplear un contenedor más grande diseñado para reducir las lesiones. Se realizaron tres fases diferentes.

- En la Fase 1, se utilizaron contenedores desechables de 1.4L que se llevaban desde y hacia las habitaciones de los pacientes.
- En la Fase 2, se implementó un contenedor reutilizable de 32L con diseño de seguridad el dispositivo Sharp Smart, SteriHealth montado solo en estaciones de medicación, y los objetos punzantes se transportaban desde y hacia las habitaciones con platillos o bandejas.
- En la Fase 3, el Dispositivo se montó en las habitaciones de los pacientes. Las lesiones se clasificaron como durante el procedimiento, después del procedimiento, pero antes de la eliminación y por eliminación inadecuada.

En la Fase 1, el 19.4% de las lesiones fueron por objetos punzantes asociadas a contenedores. En la Fase 2, CASI disminuyó en un 94.9%, y las lesiones relacionadas con la

eliminación disminuyeron en un 71.1%, pero las lesiones de transporte aumentaron significativamente. En la Fase 3, donde el Dispositivo se ubicó en la habitación del paciente, no ocurrieron lesiones por objetos punzantes asociadas a contenedores y las lesiones relacionadas con la eliminación disminuyeron en un 83.1%. Las lesiones por encapsulación disminuyeron en un 85.1% con el uso del Dispositivo. Se postulan factores de reducción de lesiones asociados al volumen del Dispositivo, su apertura grande, protección pasiva contra el exceso y su ubicación cercana.

En la investigación «**Gestión de objetos punzocortantes y la Eliminación de residuos clínicos**» realizada por el autor J. I. Blenkarn. (2009) abordó la persistencia de errores peligrosos en la gestión de residuos clínicos, donde objetos inapropiados, incluyendo agujas y objetos punzantes, se desechan en bolsas no diseñadas para contener elementos afilados o pesados. Se analizaron las implicaciones para la seguridad de los trabajadores y se evaluaron los impactos psicológicos y físicos de las lesiones resultantes. El objetivo general fue examinar la efectividad de las prácticas de eliminación de objetos punzantes y evaluar el cumplimiento de las directrices y legislaciones de seguridad.

Se observaron problemas recurrentes en la gestión de residuos clínicos, incluyendo la presencia de agujas en bolsas de desechos en lugar de contenedores específicos. Se aplicaron técnicas forenses para detectar residuos de sangre invisible a simple vista en superficies de contenedores y áreas circundantes. Además, se señaló que la falta de conocimiento sobre el historial de uso de agujas y la identidad del paciente fuente complican la gestión de casos de lesiones. El estudio identificó:

- La falta de cumplimiento en la cerradura y sellado adecuados de contenedores de objetos punzantes, subrayando la necesidad de revisar los estándares de diseño y fabricación.
- Se destacó la importancia de la actitud responsable hacia la seguridad en la eliminación de desechos y la necesidad de concienciar sobre el riesgo de lesiones.

El estudio abogó por una mayor conciencia y cumplimiento de las directrices de eliminación segura de objetos punzantes, destacando la necesidad de medidas efectivas y

sostenibles para prevenir lesiones y exposiciones a fluidos corporales en el manejo de residuos clínicos.

En la investigación **«Reducción de lesiones por objetos punzantes con objetos punzocortantes Contenedor con ingeniería mejorada: Un grupo de 28 hospitales no aleatorizados Intervención y estudio de cohortes»** realizada Grimmond et al. (2010) La disminución de las lesiones por objetos punzocortantes tras la implementación de la revisión de 2001 de la Norma de Patógenos Transmitidos por Sangre de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. fue significativa, con una reducción del 34% en el año posterior a su promulgación. Sin embargo, la incidencia de SI ha cambiado poco desde entonces, ya sea debido a la falta de dispositivos de seguridad específicos, dificultades en su uso o un aumento en la notificación. El objetivo de este estudio fue investigar el impacto de factores humanos en la eliminación de lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes, un nuevo riesgo surgido con la adopción generalizada de contenedores comerciales en hospitales de EE. UU. en la década de 1980.

Se observó que, antes de la revisión de 2001, las lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes representaban comúnmente entre el 10% y el 20% y hasta el 36% del total de lesión por punzante. Con la introducción de dispositivos de seguridad, la incidencia se disminuyó, pero aún los contenedores de objetos punzocortantes se asociaron con el 5% al 6% de las lesiones por punzante total en bases de datos recientes. Esto sugeriría aproximadamente 24,000 lesiones por punzante anuales relacionadas con contenedores en trabajadores de la salud en EE. UU.

El estudio identificó que la causa más común de lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes es la lesión al depositar un objeto punzante en el contenedor, representando el 62% y el 75% de los casos en diferentes encuestas. La persistencia de objetos punzantes sin desarmar al desecharlos se debe a la falta de uso o disponibilidad de dispositivos de seguridad, fallos en la activación o activación parcial de los mismos.

Para abordar las lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes, se han sugerido diversas recomendaciones de diseño:

- Aumentar la resistencia a la perforación.
- Visualización de la capacidad.
- Restricción manual.
- Cierre seguro

A pesar de estas recomendaciones, un estudio en 1995 concluyó que muy pocos contenedores cumplían con todos estos requisitos. En 2003, tras encontrar que las lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes representaban el 10.9% en hospitales de California, se solicitó un rediseño de los contenedores de eliminación.

Ascension Health, un sistema de salud con 67 hospitales implementó dispositivos de seguridad y observó una reducción marcada de lesiones punzantes, pero con una disminución anual más lenta. Para abordar las lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes, participaron en un estudio evaluativo formal para probar la hipótesis de que las características de seguridad del dispositivo reducirían las lesiones asociadas a contenedores de objetos punzocortantes y, con suerte, las lesiones punzantes totales. El estudio demostró que los contenedores diseñados considerando factores humanos redujeron significativamente, destacando la importancia de tales diseños en entornos clínicos.

Un estudio «**Lesiones por objetos punzantes y exposición a sangre y fluidos corporales manchados de sangre que involucran Manipuladores de residuos**» realizado por el autor Shiferaw et al. (2012) el estudio se centró en la exposición a desechos sanitarios y sus riesgos para la salud, especialmente en quienes manipulan dichos desechos. A diferencia de la atención dada a la seguridad de los profesionales de la salud, se prestó poca atención a quienes recolectan, transportan y eliminan los desechos.

El objetivo fue comprender la incidencia de lesiones punzocortantes y exposición a fluidos corporales sanguíneos en mucosas de manipuladores de desechos médicos. Se realizó un estudio usando cuestionarios, observación y entrevistas, con análisis de datos utilizando SPSS versión 16.

Los resultados revelaron que el 42.1% de los manipuladores de residuos médicos experimentaron lesiones punzocortantes, y el 67.5% tuvo exposición a fluidos corporales

manchados de sangre en mucosas. Ninguno estaba vacunado contra la hepatitis B debido a costos y falta de disponibilidad gratuita. Menos del 50% usaba guantes o botas.

El riesgo de lesiones y exposición a fluidos corporales manchados de sangre fue alto. Se destacó la urgencia de establecer técnicas seguras de gestión de desechos y el uso adecuado de equipos de protección personal en Addis Ababa. Además, se señaló que las lesiones punzocortantes pueden transmitir virus como hepatitis B, hepatitis C y VIH.

Las tasas de lesiones y exposiciones en manipuladores de residuos médicos en Addis Ababa fueron comparables con estudios en el Reino Unido y China. Mejoras en equipos y capacitación podrían reducir riesgos, pero se subraya que la situación persistirá hasta que se mejoren los estándares de segregación y disposición de desechos.

La falta de normativas claras sobre segregación de desechos en hospitales contribuye a riesgos. Se recomienda políticas específicas y un sistema de segregación de tres contenedores. Se insta a actividades regulares de capacitación y concientización.

En términos financieros, se destaca que la gestión de desechos no puede depender solo de fondos gubernamentales en Etiopía. Se sugiere colaboración con ONGs. Los administradores hospitalarios deben proporcionar equipos específicos y equipos de protección personal adecuados.

En la investigación **«Lesiones por pinchazos y objetos punzantes en un Hospital universitario terciario de Indonesia De 2014 a 2017: un estudio de cohorte»** elaborado por los autores Yunihastuti et al. (2020) Las lesiones por pinchazos y cortaduras con objetos punzantes entre los trabajadores de la salud representan problemas significativos en la salud ocupacional. El objetivo de esta investigación fue proporcionar la incidencia y otros aspectos epidemiológicos de las lesiones por pinchazos y cortaduras entre los trabajadores de la salud en un hospital universitario terciario en Indonesia.

Se llevó a cabo un estudio de cohorte en el Hospital Cipto Mangunkusumo en Jakarta. Se analizaron datos del programa de lesiones por objetos punzantes en el hospital entre enero de 2014 y diciembre de 2017. La incidencia de pinchazos y heridas punzantes se calculó por cada 1000 personas-año (1000-PY).

Durante el periodo de 4 años, se informaron un total de 286 pinchazos y heridas punzantes. La tasa media de incidencia de pinchazos y heridas punzantes durante los 4 años fue de 13.3/1000-PY, alcanzando su punto máximo en 2015 (15.5/1000-PY) para luego disminuir. La mayoría de las LPC fueron experimentadas por enfermeras (42.7%), pero la incidencia más alta fue entre las parteras (18.9/1000-PY), seguidas por enfermeras, estudiantes de medicina y médicos (15.2/1000-PY, 12.6/1000-PY y 11.8/1000-PY, respectivamente).

Los dispositivos que causaron la mayor proporción de pinchazos y heridas punzantes:

- Agujas con lumen hueco (66.8%)
- Agujas de sutura (14.3%)
- Agujas sólidas (10.8%).

El 9.4% de las pinchazos y heridas punzantes estuvieron relacionadas con la inyección de insulina. Del total de incidentes, el 31.3% ocurrió durante procedimientos quirúrgicos, el 25.9% durante la extracción de sangre, el 14.3% durante la administración de inyecciones de medicamentos y el 13.3% durante la limpieza de desechos.

Este estudio mostró incidencias variadas de pinchazos y heridas punzantes entre diferentes ocupaciones, siendo la más alta entre parteras y enfermeras. Aún persisten prácticas laborales inseguras, lo cual es de suma preocupación. Se sugieren oportunidades de prevención, incluyendo capacitación y fomento de prácticas laborales más seguras.

El estudio «**Procedimientos seguros de inyección, prácticas de inyección y lesiones por pinchazos con agujas entre los trabajadores de la salud en los quirófanos**» elaborado por los autores Foda et al (2018) se centró en evaluar los procedimientos de inyección segura, prácticas de inyección y circunstancias que contribuyen a las lesiones por pinchazos con agujas y objetos punzantes en salas de operaciones. Se adoptó un enfoque descriptivo transversal, utilizando listas de verificación observacionales modificadas basadas en las definiciones de la Organización Mundial de la Salud OMS en salas de operaciones y se administró un cuestionario de entrevista a trabajadores de la salud en el Hospital Principal de la Universidad de Alejandría.

Los resultados revelaron que los procedimientos de inyección segura con respecto a la eliminación final de desechos fueron suficientemente adoptados, mientras que las medidas

relacionadas con el equipo de inyección desechable, los contenedores de desechos, la higiene de manos, así como las prácticas de inyección fueron llevadas a cabo de manera inadecuada. Se observaron hallazgos como la falta de carteles de ayuda laboral que promuevan la inyección segura y la eliminación segura del equipo de inyección, el desbordamiento de contenedores de objetos punzantes y la presencia de desechos infecciosos fuera de los contenedores, entre otros. Se informó una alta prevalencia de pinchazos y objetos punzantes lesiones (61.3%), principalmente durante la manipulación de agujas de sutura.

En cuanto a la gestión posterior a la exposición, se encontró que era completamente deficiente, con un porcentaje considerable de trabajadores de la salud (96.9%) que no recibieron profilaxis post exposición. Además, se observó que, en el momento de la lesión por pinchazos y objetos punzantes, el 79% de los trabajadores de la salud estaban usando guantes, pero la mayoría de ellos (66.2%) resultaron lesionados con el elemento punzante que ellos mismos habían utilizado, y que estaba contaminado en el 80% de los casos.

El estudio resaltó que los procedimientos de inyección segura adoptados de manera inadecuada y las prácticas de inyección insuficientes conducen a una alta prevalencia de pinchazos y objetos punzantes de lesiones en salas de operaciones. Se recomienda implementar todos los procedimientos para la inyección segura, proporcionar programas de capacitación para los trabajadores de la salud sobre prácticas seguras de inyección y vacunar contra la Hepatitis B con dosis completas a todos los trabajadores de la salud. Además, se recomienda realizar un cribado rutinario de anticuerpos contra el VHB, VHC y VIH cada 6 meses para todos los trabajadores de la salud, con o sin antecedentes de lesión por pinchazos y objetos punzantes; aquellos con resultados positivos deben someterse a pruebas de PCR. Finalmente, se recomienda desarrollar una política específica de objetos punzantes en salas de operaciones que esté bajo la política institucional de objetos punzantes, ya que la sala de operaciones tiene necesidades y recomendaciones especiales para la seguridad.

El estudio **«Epidemiología del pinchazo y del objeto punzante lesiones entre los trabajadores de la salud en los registros de 252 hospitales para la período 2010-2014, Polonia»** realizado por los autores Garus-Pakowska & Górajki (2019) donde el objetivo del

estudio fue evaluar la falta de reporte de lesiones y estimar el número real de lesiones por pinchazos y objetos punzantes entre trabajadores de la salud en Polonia. Se llevó a cabo un análisis de registros de lesiones en 252 hospitales, junto con 487 encuestas entre médicos, enfermeras y paramédicos.

Durante el período de estudio, se registraron 9,775 lesiones por pinchazos y objetos punzantes en los hospitales, principalmente entre enfermeras (72.6%). Las agujas fueron responsables de la mayoría de las lesiones por pinchazos y objetos punzantes en todos los grupos profesionales (79.5%). Las tasas anuales promedio de lesiones por pinchazos y objetos punzantes basadas en los registros hospitalarios fueron: 16.0/1000 médicos, 20.5/1000 enfermeras, 16.8/1000 paramédicos. Además, aproximadamente la mitad de las lesiones por pinchazos y objetos punzantes no fueron reportados.

Se estimó que probablemente haya 13,567 de lesiones por pinchazos y objetos punzantes cada año entre trabajadores de atención hospitalaria en Polonia. Se concluyó que las lesiones por pinchazos y objetos punzantes son un problema de salud significativo para los trabajadores de la salud y deben estar sujetos a vigilancia epidemiológica. Se recomienda aumentar el número de lesiones reportadas y la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica para unificar los datos obtenidos, lo que sería más comparable a nivel nacional y entre diferentes países. Los resultados obtenidos deberían orientar a los responsables de la toma de decisiones en salud polacos para mejorar las medidas de prevención y enfocarse en las lesiones más frecuentes y de mayor riesgo.

En el estudio **«Lesiones por pinchazos con agujas y sus medidas de seguridad relacionadas entre las enfermeras en un hospital universitario, Shiraz, Irán»** realizador por Jahangiri et al. (2016) el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y los factores relacionados con las lesiones por pinchazos con agujas y evaluar las medidas de seguridad relacionadas entre una muestra de enfermeras iraníes. Se seleccionó una muestra aleatoria de 168 enfermeras registradas activas de diferentes áreas de un hospital de la Universidad de Ciencias Médicas de Shiraz. Los datos se recopilaron mediante un cuestionario anónimo y un método de observación basado en listas de verificación entre las 168 enfermeras registradas activas.

Durante el período de estudio, la prevalencia de lesiones por pinchazo de aguja en la experiencia laboral total y en el último año fue del 76% y 54%, respectivamente. Las agujas de calibre hueco fueron los dispositivos más comúnmente involucrados en las lesiones (85.5%). La mayoría de las lesiones por pinchazo de aguja ocurrieron en el turno de la mañana (57.8%) y la actividad más común que condujo a las lesiones por pinchazo de fue volver a tapar las agujas (41.4%). La tasa no reportada de lesiones por pinchazo de fue del 60.2%, y las principales razones para no reportar las lesiones por pinchazo de fueron la carga clínica pesada (46.7%) y la percepción de bajo riesgo de infección (37.7%). Se encontró una relación estadísticamente significativa entre la ocurrencia de lesiones por pinchazo de y el sexo, las horas trabajadas por semana y la frecuencia de turnos por mes.

El estudio mostró una alta prevalencia de lesiones por pinchazo de entre las enfermeras. Se recomendaron medidas de apoyo:

- Mejorar las prácticas de inyección.
- Modificar el horario de trabajo.
- Planificar programas de capacitación dirigidos al uso de equipos de protección personal.
- Proporcionar un número adecuado de instalaciones de seguridad, como contenedores de desecho resistentes a pinchazos.

La investigación realizada «**Lesiones punzantes: un estudio transversal entre los trabajadores de la salud de una provincia hospital universitario en China**» realizada por el autor Cui et al. (Cui et al., 2018) donde el objetivo de esta investigación fue investigar la incidencia y el comportamiento de reporte de lesiones por objetos punzantes entre trabajadores de la salud e identificar los factores de riesgo asociados con estas lesiones. Se llevó a cabo una encuesta transversal en febrero de 2017 en un hospital provincial de enseñanza en China. Los datos se recopilaron de 901 trabajadores de salud utilizando un cuestionario auto administrado que incluía información demográfica, experiencia y comportamiento de reporte de lesiones por objetos punzantes. Se utilizó regresión logística paso a paso para analizar los factores de riesgo.

Se encontró que 248 trabajadores de salud (27.5%) habían sufrido una lesión por objeto punzante en el año anterior. Factores como la antigüedad, categoría laboral, título, educación, departamento y programas de capacitación estaban asociados con la ocurrencia de lesiones por objetos punzantes. Según la regresión logística paso a paso, la antigüedad y los programas de capacitación fueron los factores de riesgo asociados con la ocurrencia de lesiones por objetos punzantes. De las 248 lesiones por objetos punzantes, 130 trabajadores de salud estuvieron expuestos a sangre. Solo 44 (33.9%) trabajadores de salud reportaron sus lesiones al cuerpo correspondiente. Las principales razones para no reportar las lesiones por objetos punzantes fueron: percepción de que la lesión era leve (30.2%), tener anticuerpos (27.9%) y no estar al tanto de la lesión (16.3%).

En la investigación realizada se informó que las lesiones por objetos punzantes en el hospital estudiado eran comunes. Por lo tanto, es necesario implementar un sistema de reporte efectivo y proporcionar suficiente educación sobre seguridad ocupacional en las instituciones relevantes. Además, es importante tomar medidas efectivas para manejar las lesiones por objetos punzantes en los trabajadores de salud y proporcionar orientación para su prevención.

El estudio **«Relación entre los recipientes de eliminación de objetos punzocortantes y las infecciones por *Clostridium difficile* en hospitales de cuidados intensivos»** realizado por los autores Pogorzelska-Maziarz, (2015) evaluó la relación entre el uso de contenedores de objetos punzantes de un solo uso versus reutilizables y las tasas de infecciones por *Clostridium difficile* en una muestra nacional de hospitales. Se llevó a cabo una encuesta en 2013 en 1,990 hospitales que recopiló datos sobre el uso de contenedores de objetos punzantes, los cuales se relacionaron con el conjunto de datos de Análisis y Revisión de Proveedores de Medicare de 2012. Se realizaron regresiones negativas variadas y multivariadas para examinar las diferencias en las tasas de *C. difficile* entre hospitales que utilizaban contenedores de un solo uso versus reutilizables.

De los 604 hospitales que completaron la encuesta, 539 proporcionaron datos sobre el uso de contenedores de objetos punzantes en 2012 (tasa de respuesta del 27%). En promedio, los hospitales tenían 289 camas y eran predominantemente sin fines de lucro (67%) y no docentes

(63%). La mayoría utilizaba contenedores de objetos punzantes reutilizables (72%). En la regresión variada, los hospitales que utilizaban contenedores de un solo uso tenían tasas significativamente más bajas de *C. difficile* en comparación con los hospitales que utilizaban contenedores reutilizables (razón de tasa de incidencia [IRR] = 0.846, P = .001). Esta relación persistió en la regresión multivariable (IRR = 0.870, P = .003) después de controlar otras características hospitalarias.

Este es el primer estudio que muestra una relación entre el uso de contenedores de objetos punzantes de un solo uso y tasas más bajas de *C. difficile*. Se recomienda investigar el potencial de contaminación ambiental de los contenedores reutilizables y el papel que pueden desempeñar en la transmisión de patógenos. La elección del tipo de contenedores de objetos punzantes debe basarse en una evaluación de riesgos y consideraciones de control de infecciones. Los profesionales de prevención de infecciones deben desempeñar un papel integral en la evaluación, selección e implementación de un sistema de gestión de eliminación de objetos punzantes, basándose en una evaluación de riesgos y en la evidencia científica más reciente.

El estudio «***Las lesiones causadas por instrumentos punzantes entre trabajadores de la salud: internacionales y Perspectivos polacos***» realizado por Goniewicz et al. (2012) abordó la exposición de los trabajadores de la salud a lesiones por instrumentos punzantes durante el ejercicio de sus funciones, destacando los procedimientos de mayor riesgo como la inyección intramuscular o subcutánea, la toma de muestras de sangre y la manipulación de agujas ya utilizadas. Se resaltó el riesgo de transferencia de patógenos como el virus de la hepatitis B, el virus de la hepatitis C, el VIH/SIDA, entre otros, y se citaron estadísticas de la Organización Mundial de la Salud que indican la magnitud de este problema a nivel mundial. Se enfatizó en la necesidad de implementar medidas preventivas simples, como la vacunación contra la hepatitis B, la educación y la provisión de contenedores para instrumentos punzantes, así como la adopción de directrices específicas similares a las regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos.

La eliminación incorrecta de objetos punzantes constituye una importante causa de lesiones en entornos laborales. Dichas lesiones pueden derivarse de diversas causas, como prácticas inapropiadas por parte del personal, diseño inadecuado de los contenedores de eliminación, selección incorrecta de recipientes y sobrellenado de los contenedores.

En este estudio «**Stop Sticks Campaign**» CDC - Bloodborne Infectious Diseases - Stop Sticks (2019) se emplearon grupos focales para identificar los elementos esenciales que garantizan la seguridad de los contenedores de eliminación de objetos punzantes. Los resultados destacan la importancia de cuatro criterios principales: funcionalidad, accesibilidad, visibilidad y adaptación.

En términos de funcionalidad, se determinó que los contenedores deben ser resistentes a perforaciones, duraderos y de tamaño adecuado, con un cierre seguro para minimizar la exposición. Respecto a la accesibilidad, se recomienda que los contenedores estén ubicados verticalmente, sean fáciles de operar y estén colocados en lugares visibles y de fácil acceso horizontal. En cuanto a la visibilidad, se enfatiza la necesidad de que los contenedores sean claramente visibles para el personal, con etiquetas de advertencia discernibles y capacidad para determinar fácilmente su nivel de llenado. Por último, en cuanto a la adaptación, se sugiere que los contenedores faciliten el almacenamiento, el montaje y la eliminación con una sola mano, con un diseño que minimice los riesgos de infección cruzada y sea fácil de limpiar. Los sistemas de instalación deben ser seguros y estables. Este estudio ofrece pautas claras para el diseño y uso adecuado de contenedores de eliminación de objetos punzantes, lo que contribuye a reducir el riesgo de lesiones en entornos laborales.

En el libro «**Libro de trabajo para diseñar, implementar y evaluar un programa de prevención de lesiones cortantes.**» publicado por *Sharps Safety for Healthcare Settings* | CDC (2021) habla sobre los elementos que debemos antes de considerar nuevos productos para su evaluación, las organizaciones de atención médica deben obtener información sobre el uso del dispositivo convencional que están reemplazando. Las posibles fuentes de información son las solicitudes de compra y requisición. Una encuesta de departamentos y unidades de enfermería podría ayudar a identificar problemas adicionales. La información clave que se debe obtener de las áreas clínicas incluye:

- Frecuencia de uso y volumen de compra de los dispositivos convencionales.
- Tamaños más comúnmente utilizados.
- Propósito(s) para el cual se utiliza el dispositivo.
- Otros productos con los que se utiliza el dispositivo que puedan plantear preocupaciones de compatibilidad.
- Necesidades clínicas únicas que se deben considerar.
- Expectativas clínicas para el rendimiento del dispositivo.

Los informes disponibles llevaron a varias conclusiones y recomendaciones para mejorar la protección de los trabajadores de la salud. Se propuso la elaboración e implementación de nuevas regulaciones estatales, especialmente en países de la Unión Europea y en aquellos donde estas normativas aún no existen. Se destacó la importancia de la capacitación periódica del personal de salud, tanto para los nuevos empleados como para los ya empleados, y se sugirió el control regular por parte de inspectores designados para asegurar el conocimiento y la aplicación de procedimientos de prevención de lesiones por instrumentos punzantes. Además, se recomendó la introducción y capacitación en el uso de equipos más seguros y la implementación de un sistema avanzado de monitoreo y reporte de lesiones causadas por instrumentos punzantes, con el fin de fortalecer la salud pública y la seguridad de los trabajadores de la salud.

Como se puede visualizar con los estudios e investigaciones previos relacionados con esta temática tiene una antigüedad considerable esto es debido a que son los más relevantes, hay más bibliografías, pero están con un enfoque en procesos lo cual si bien es importante para nuestra investigación no es el punto central, por eso no se consideran estas investigaciones.

## **2.2 PROBLEMÁTICA**

En la investigación sobre el desarrollo de una tapadera para contenedores de residuos punzocortantes mediante impresión 3D, se identifican problemas críticos en la gestión de residuos sanitarios en hospitales, en el estudio Foda et al. (2018) la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que alrededor del 10% de los trabajadores de la salud enfrentan lesiones por pinchazos de agujas anualmente. Dentro de los 35 millones de profesionales sanitarios en el mundo, unos 3

millones sufren exposición a patógenos sanguíneos cada año, incluyendo 2 millones al virus de la hepatitis B (VHB), 0,9 millones al virus de la hepatitis C (VHC) y 170.000 al virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Los riesgos de transmisión de infecciones de pacientes infectados a trabajadores de la salud después de una lesión por pinchazo de aguja varían, con tasas estimadas de hepatitis B (3-10%, hasta 30%), hepatitis C (0,8-3%) y VIH (0,3%, con un riesgo de exposición a las membranas mucosas del 0,1%). Según datos de prevención de exposiciones, un hospital promedio registra alrededor de 27 lesiones por pinchazos de agujas por cada 100 camas al año. (OMS, 2022)

El costo de los recipientes para residuos punzocortantes también representa una limitante importante, sobre todo en los países en desarrollo como Honduras en los que existe una carencia de recursos y se prefiere priorizar en otras inversiones en el sector salud.

Considerando los elementos previos se identifica la importancia de proponer un prototipo que pueda suplir estas necesidades en los hospitales públicos que son los que salen más afectados con esta problemática. Es esencial evaluar la viabilidad económica y la aceptación de estas soluciones en entornos hospitalarios diversos, considerando limitaciones tecnológicas y económicas.

### **2.3 IMAGEN INTEGRADORA**

Debido al riesgo de infecciones, lesiones, contagio de enfermedades y demás debido a la manipulación de residuos punzocortantes, se plantea la necesidad de desarrollar un prototipo de tapadera diseñado para los recipientes de residuos punzocortantes en establecimientos de salud con el fin de mitigar los riesgos asociados a la indebida gestión de estos residuos potencialmente peligrosos. (Ilustración 1)

Para esto se requieren fases de diseño y elaboración donde se utilizarán herramientas como Solidworks, un software especializado para el modelado de piezas y objetos tridimensionales, y tecnología de impresión 3D para realizar la creación del prototipo volumétrico con el material seleccionado que cumpla con los requisitos y especificaciones planteadas. Esta fase inicial también requiere realizar distintas mediciones y pruebas para garantizar la eficiencia y seguridad de este.



## 2.4 TABLA DE LIMITACIONES

Dentro de la literatura encontrada se han identificado diversas limitaciones dentro del desarrollo de los experimentos y estudios de otros autores en los últimos años, para ello se ha diseñado una matriz de resumen condensando la información que se identificó en la revisión. (Tabla 1)

**Tabla 1 - Limitaciones de estudio**

<b>Autor(es)</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Enfoque del estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de limitación</b>
Ferreira & Teixeira	Portugal	2010	Descriptivo	Alcance limitado y sesgo de muestreo	El estudio está centrado solamente en 3 de 6 hospitales de una región de Portugal, puede que estos no representen las prácticas de gestión de residuos en otras regiones. Además, el estudio incluye solo hospitales que aceptaron participar, aquellos que se negaron a participar pueden tener diferentes prácticas de gestión de residuos.
Grimmond et al.	Estados Unidos	2010	Descriptivo	Limitantes en la comparación de grupo de estudio	Las variaciones en el diseño de contenedores y las prácticas de uso entre los grupos de estudio y control pueden confundir la interpretación de los resultados. El estudio compara las tasas de lesiones por objetos punzantes entre el grupo de estudio y un grupo de control del mismo tamaño, pero los hospitales del grupo de control no utilizaban el mismo tipo de contenedor para objetos punzantes.

Jahangiri et al	Irán	2016	Descriptivo	Tamaño de la muestra y tiempo de estudio limitado	El tamaño de la muestra de 168 enfermeras activas registradas podría no ser lo suficientemente grande para obtener la mayor información, un tamaño de muestra más grande podría proporcionar análisis y resultados estadísticos más sólidos. Además, el estudio se realizó de junio a diciembre del 2014, al ser un periodo corto de tiempo pueden haberse omitido datos relevantes.
Pogorzelska-Maziarz	Estados Unidos	2015	Descriptivo	Método de recolección de datos poco confiable	La información se recopiló mediante entrevistas telefónicas, estos datos auto informados pueden estar sujetos a sesgos de recuerdo o de deseabilidad social, lo que podría afectar la precisión y confiabilidad de la información obtenida.
Shiferaw et al	Etiopía	2012	Descriptivo	Sesgo	Es un estudio transversal propenso a sesgos, es posible que los participantes no recuerden con precisión incidentes pasados de lesiones punzantes o exposición a fluidos corporales, lo que lleva a informes insuficientes o excesivos.
Yuniastuti et al	Indonesia	2020	Descriptivo	Alcance limitado	El estudio no toma en consideración diversos factores como la gravedad de las lesiones provocadas por residuos punzocortantes.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

### **III. OBJETIVOS**

El presente capítulo está dirigido a presentar los objetivos que guían esta investigación en el ámbito del desarrollo de la creación de un prototipo de una tapadera para un contenedor de residuos punzocortantes.

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un prototipo de tapadera costo-efectivo para recipientes de residuos punzocortantes, teniendo en cuenta los insumos disponibles en las organizaciones de salud, mediante la tecnología de impresión 3D.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Reconocer la percepción del personal de salud del Hospital de Occidente y el Hospital Mario Catarino Rivas con respecto a situación actual de la gestión de residuos punzocortantes en dichos establecimientos de salud.
2. Diseñar un modelo de tapadera con mecanismo de back stop utilizando SolidWorks que permita disminuir los riesgos de heridas producidas por objetos punzocortantes.
3. Seleccionar los materiales necesarios que garanticen una eficacia y funcionalidad adecuada del prototipo de tapadera para los recipientes de residuos punzocortantes.

## **IV. METODOLOGÍA**

Este capítulo presenta la metodología adoptada para abordar el desarrollo de prototipo tapadera de recipientes para residuos punzocortantes, utilizando una combinación de tecnologías. En esta sección, se establecen las variables de investigación, las técnicas e instrumentos utilizados, el enfoque de investigación, y las metodologías de estudio y validación.

### **4.1 ENFOQUE**

El enfoque mixto se presenta como una opción idónea para abordar la investigación debido a su capacidad para combinar diversas técnicas de recolección, análisis e integración de datos cualitativos y cuantitativos en un solo estudio. Al emplear el enfoque mixto, se logra aprovechar las ventajas de ambas aproximaciones, es decir, la profundidad y amplitud de los datos cualitativos, junto con la precisión y generalización que ofrecen los datos cuantitativos. Esta complementariedad se refleja en una mayor robustez y validez de los resultados obtenidos, lo que fortalece las conclusiones del estudio.

Además, la utilización de un enfoque mixto facilita una triangulación más amplia de los datos, lo que implica que los resultados pueden ser comparados y confirmados desde diversas ópticas, aumentando así la confianza en la interpretación de los descubrimientos.

El enfoque de la investigación se centra en la recolección de datos cualitativos sobre las necesidades de los centros de salud respecto a los recipientes de residuos punzocortantes, a través de encuestas y entrevistas. Además, se diseñará un modelo de tapadera con SolidWorks para satisfacer estas necesidades identificadas. Aunque también se recopilarán datos cuantitativos sobre la cantidad de centros afectados y los costos asociados, lo que hace que el enfoque sea mixto.

La investigación posee un alcance experimental porque pretende observar y explorar la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente, pero con ciertas limitantes en el control de esta, por lo que se puede decir que se trata de un diseño de tipo preexperimental. Se dice que es de tipo preexperimental debido a que no se desarrolló con el fin de obtener datos que comprueben que hubo una disminución de lesiones a partir de la implementación del prototipo en las salas de los centros seleccionados, sino que se basa en hacer

una exploración sobre la aceptación de la propuesta previa a la realización de un verdadero experimento con resultados concluyentes. Esto debido a la falta de tiempo para que sea realmente un experimento, esto también explica el tipo de estudio transversal ya que es una investigación que busca describir la percepción y aceptación del usuario en un lapso determinado y no a lo largo de diferentes momentos.

Debido a que los establecimientos de salud no fueron seleccionados aleatoriamente, se tomó una muestra no probabilística. La selección de estos se basó en la accesibilidad a las salas y los establecimientos que estaban dispuestos a participar en el estudio.

**Tabla 2 - Metodología de la Investigación**

<b>Enfoque</b>	Mixto
<b>Alcance</b>	Experimental
<b>Tipo de estudio</b>	Transversal
<b>Tipo de diseño</b>	Preexperimental
<b>Tipo de muestra</b>	No probabilístico

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## **4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

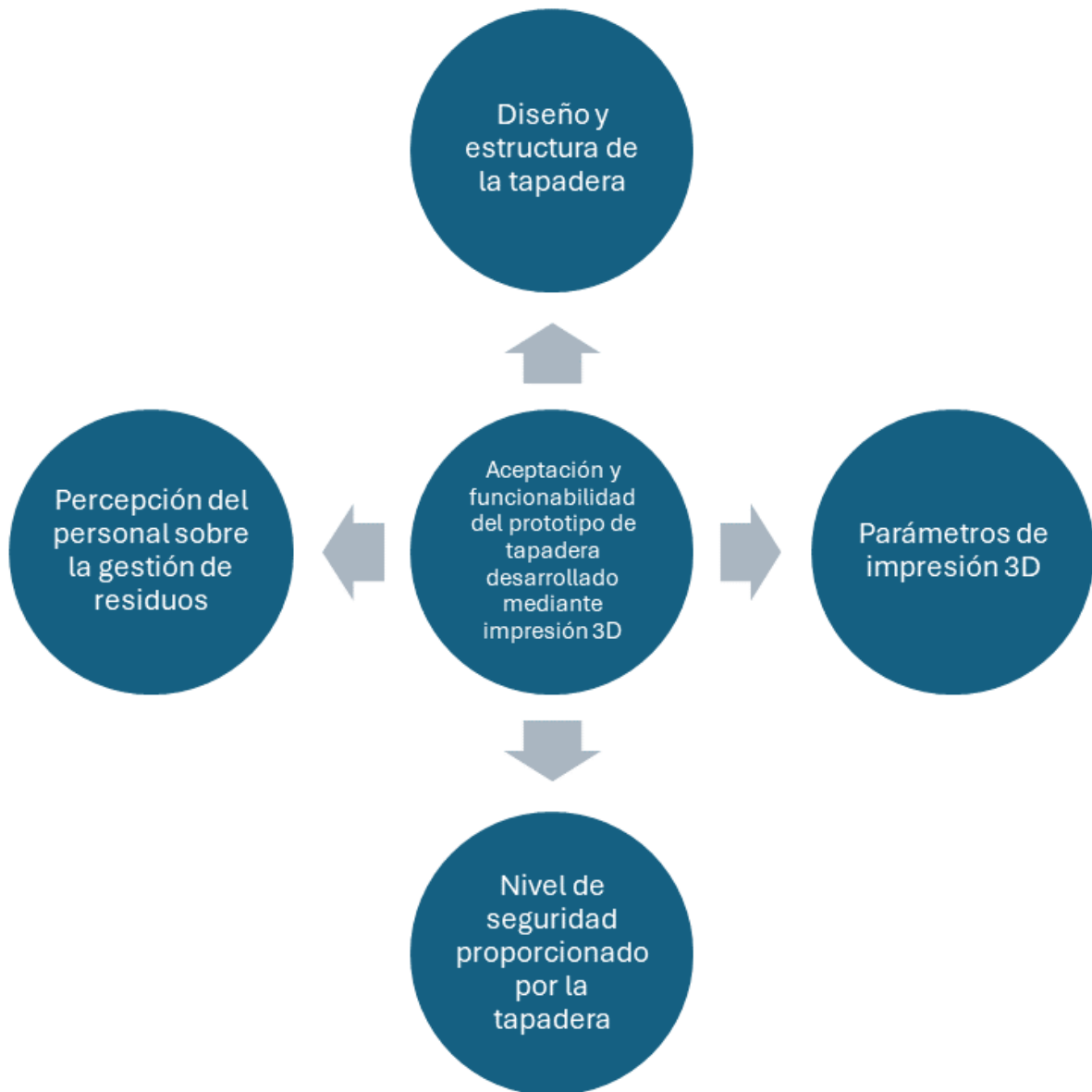
Las variables de investigación son características, cualidades o propiedades observadas que pueden adquirir diferentes valores y son susceptibles de ser cuantificadas o medidas en una investigación. (Oyola-García, 2021). Estas variables son concebidas como constructos o atributos que pueden cambiar o variar en diferentes circunstancias. En este sentido, las variables independientes se refieren a aquellas que pueden ser manipuladas o controladas por el investigador, mientras que las variables dependientes son aquellas que se observan y miden para determinar cómo son afectadas por las variables independientes. (Ilustración 2)

### **4.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

La variable dependiente de esta investigación se enfoca en la aceptación del usuario con respecto al diseño y funcionalidad del prototipo de tapadera para recipientes de residuos punzocortantes impresa en el material PETG Y TPU por medio de la tecnología de impresión 3D para fabricar el prototipo. El objetivo es proporcionar una tapadera que sea costo-efectivo y segura para los usuarios.

#### 4.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

1. Percepción del personal: Se medirá a través de encuestas y entrevistas basadas en conocer la opinión del personal sanitario en cuanto al manejo y preocupación de los centros para tener una buena gestión de residuos punzocortantes y lograr una disminución de lesiones causadas por materiales punzantes contaminados. Al observar un cambio positivo y una disminución en el porcentaje de lesiones causadas por residuos punzocortantes el personal de salud tendrá una mayor aceptación hacia el prototipo.
2. Diseño y estructura de la tapadera: Se realizarán pruebas en diferentes tipos y tamaños de recipientes para definir cuál es el diseño adecuado según las necesidades de los centros de salud con el fin de adaptarlo lo más posible a las preferencias del usuario.
3. Parámetros de impresión 3D: Optimización de los costos asociado con el desarrollo del prototipo, considerar el tipo de material a utilizar, velocidad de la impresión, entre otras cosas. La costo-efectividad del prototipo motivará al personal de salud a utilizar la tapadera y generar una mayor seguridad hacia el paciente y el personal mismo.
4. Nivel de seguridad proporcionado por la tapadera: Mejora en la seguridad en la gestión de los residuos implementado prototipo de tapadera en recipientes para residuos punzantes y determinar la eficiencia de la tapadera en cuanto a la contención de residuos.





**Ilustración 2 - Organigrama de variables de Investigación.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

### 4.3 OBJETIVO DE MÉTODO

A continuación, se presenta la tabla metodológica que detalla los procesos de la investigación, el propósito de cada uno y los recursos, instrumentos o técnicas empleados para llevar a cabo el estudio. (Tabla 3)

**Tabla 3 - Objetivo de método**

Proceso	Método	Objetivo	Técnica o instrumento
	<p>Diseño y modelado de prototipo.</p> 	<p>Desarrollar un diseño de la tapadera que se adapte al recipiente adecuado a utilizar.</p>	<p>SolidWorks</p>
<b>Prototipo de tapadera impresa en 3D</b>	<p>Impresión 3D de prototipo de tapadera.</p> 	<p>Elaborar la tapadera de recipientes a partir del prototipo utilizando técnicas de impresión 3D para lograr obtener el prototipo físico y funcional.</p>	<p>Impresora 3D</p>
<b>Pruebas de los materiales</b>	<p>Realizar pruebas de durabilidad a la tapadera.</p> 	<p>Verificar que los materiales utilizados sean resistentes a una presión.</p>	<p>PLA, PETG Y TPU</p>
<b>Encuestas e Entrevistas</b>	<p>Aplicar entrevistas y encuestas a diferentes centros de salud de la zona.</p>	<p>Obtener la mayor información posible sobre cómo y dónde hacen la segregación de los residuos cortopunzantes, además saber si el</p>	<p>Google forms</p>



personal ha tenido algún tipo de lesión por una de la mala segregación.

---

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

### **4.4.1. SOLIDWORKS**

Esta tecnología permite llevar a cabo todo el proceso de diseño mecánico, desde la idea inicial del diseñador hasta la creación detallada de los esquemas necesarios para la fabricación. Al utilizar las herramientas y la interfaz del programa, el usuario puede crear modelos tridimensionales de componentes y conjuntos, así como generar representaciones visuales completas mediante proyecciones adecuadas. Este enfoque específico se utilizó en el diseño de un Prototipo, aprovechando simulaciones por computadora para verificar la resistencia estructural del dispositivo.

### **4.4.2. IMPRESIÓN 3D**

La impresión 3D es un método de manufactura que convierte un diseño digital en un objeto físico tridimensional mediante la adición de material capa por capa. Esta técnica permite la creación de objetos complejos de manera gradual, lo que resulta en ahorros significativos en tiempo y costos. Además, la versatilidad de esta tecnología permite la utilización de una amplia gama de materiales y métodos, lo que la hace adaptable a diversas aplicaciones finales.

### **4.4.3. PETG**

El PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) es un tipo de material termoplástico que se caracteriza por su resistencia, transparencia y facilidad para la impresión en 3D. Es ampliamente utilizado en la fabricación de envases, botellas y también en la impresión de piezas con alta resistencia mecánica y durabilidad.

### **4.4.4. TPU**

El TPU (Polímero Termoplástico de Poliuretano) es un material extremadamente flexible y elástico empleado en la tecnología de impresión 3D. Fabricado principalmente con poliuretano, este material destaca por su resistencia, durabilidad y habilidad para recuperar su forma original tras ser sometido a deformaciones. Este filamento se utilizó para la creación de la contra tapadera.

### **4.4.5. CALIBRE O PIE DE REY**

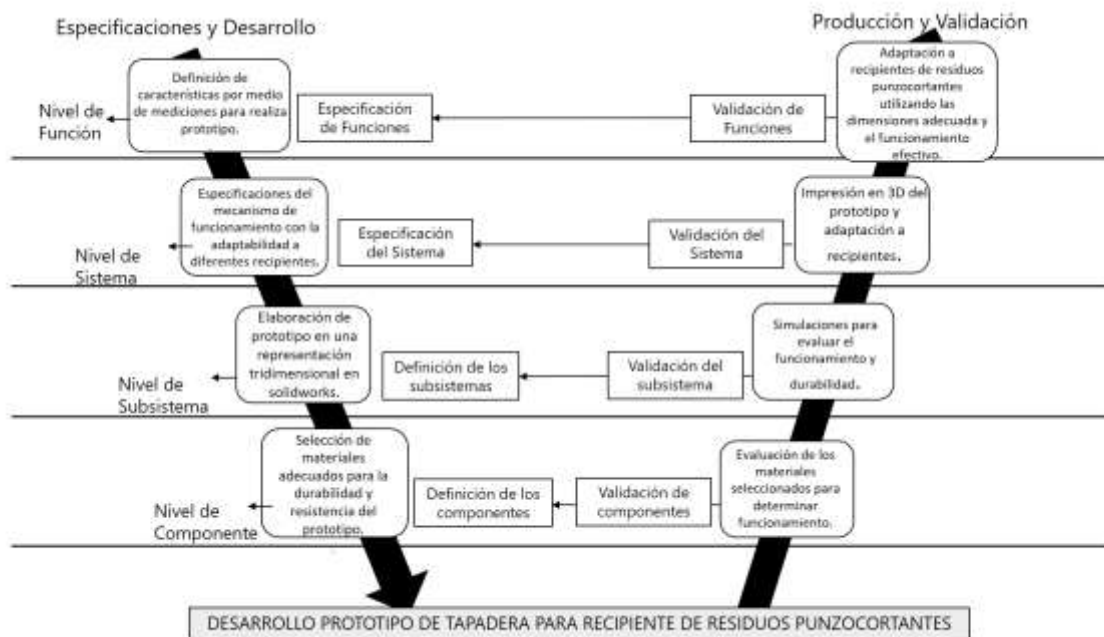
Es un instrumento de medición utilizado para tomar dimensiones internas, externas y de profundidad de objetos. Consiste en una regla graduada con una escala principal y una escala

secundaria deslizante, junto con un cursor que se desplaza a lo largo de la regla. Se utiliza para obtener medidas precisas de objetos y componentes. Lo cual nos ayudará al momento de realizar medida del diámetro de la tapadera para los recipientes.

#### 4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Este estudio forma parte de una investigación experimental con un diseño transversal, utilizando una metodología en forma de "V". (Ilustración 3). Se ha elegido esta metodología para abordar de manera rigurosa y sistemática el desarrollo de un prototipo de tapadera para recipientes de residuos punzocortantes. El enfoque transversal permitirá recopilar datos sobre hospitales o centros de salud que carecen de los recipientes, lo que facilitará una evaluación comparativa de la funcionalidad y el rendimiento del prototipo propuesto.

La estructura en forma de "V" garantizará una secuencia lógica y coherente en el proceso de investigación, que incluye desde la revisión exhaustiva de la literatura científica y la consulta a personal de salud y usuarios, hasta la fase de diseño conceptual, fabricación de prototipo, pruebas de resistencia y, finalmente, las pruebas en los recipientes en los centros de salud o hospitales. Esta metodología asegura una validación experimental rigurosa, respaldada por una sólida evidencia científica, que garantiza la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.



**Ilustración 3 - Metodología en V.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

#### 4.5.1. NIVEL DE FUNCIÓN

##### 4.5.1.1. *Especificación de funciones*

Se enfocó la identificación precisa de las dimensiones y propiedades requeridas para el diseño del prototipo, utilizando técnicas de medición y análisis. Se realizó mediciones detalladas de las dimensiones del recipiente de residuos punzocortantes y evaluaciones de la resistencia de diferentes materiales. Estas mediciones proporcionarían datos cuantitativos que guiarían el diseño del prototipo, asegurando que cumpla con los estándares necesarios para su función prevista.

##### 4.5.1.2. *Validación de funciones*

En la fase subsiguiente, el proceso es la verificación del diseño en los recipientes de residuos punzocortantes, con el fin de comprobar que las dimensiones utilizadas son las apropiadas y que el funcionamiento es efectivo. Esto implica realizar pruebas del prototipo en los recipientes de los establecimientos garantizando que cumpla con los requisitos de tamaño y funcionalidad y hacer ajustes en caso de ser necesario. Una vez adaptado, el prototipo debe funcionar de manera efectiva y facilitar la disposición segura de los residuos punzocortantes y prevenir posibles riesgos para la salud de los usuarios.

#### 4.5.2. NIVEL DE SISTEMA

##### 4.5.2.1. *Especificación del sistema*

Garantizando su capacidad para adaptarse a una variedad de recipientes disponibles en los centros de salud de la zona. Esto implica identificar y describir las funciones y características del mecanismo, así como su capacidad para ajustarse y operar de manera efectiva con diferentes tipos de recipientes según la necesidad, considerando factores como el tamaño, la forma y los requisitos de funcionamiento.

##### 4.5.2.2. *Validación del sistema*

Se acude a imprimir un modelo en tres dimensiones del prototipo y ajustarlo para que se adapte correctamente a los recipientes disponibles en los centros de salud destinados a contener residuos punzocortantes, esto implica utilizar la tecnología de impresión 3D para fabricar el prototipo y realizar los ajustes necesarios para que se ajuste de manera precisa y efectiva a los recipientes designados para su uso en la gestión de residuos punzocortantes.

### 4.5.3. NIVEL DE SUBSISTEMA

#### 4.5.3.1. *Definiciones de los subsistemas*

En esta sección el proceso de crear un diseño tridimensional de un prototipo utilizando el software SolidWorks. donde se elaboró o diseñó el prototipo utilizando el software de modelado tridimensional SolidWorks. Este programa permitió representar el diseño de manera precisa y detallada, proporcionando las herramientas necesarias para crear el modelo en tres dimensiones con las especificaciones requeridas para su posterior impresión.

#### 4.5.3.2. *Validación del subsistema*

La fase donde se utilizó el software SolidWorks para realizar simulaciones con el fin de evaluar el funcionamiento y la durabilidad del prototipo, en la que se realizaron simulaciones utilizando el software SolidWorks para analizar y verificar el rendimiento y la resistencia del diseño propuesto. Estas simulaciones durante la etapa permitieron predecir cómo respondería el prototipo en diversas condiciones y escenarios.

### 4.5.4. NIVEL DE COMPONENTE

#### 4.5.4.1. *Definición de los componentes*

Con la selección los materiales más apropiados que garanticen la durabilidad y resistencia del prototipo. Esta selección se basó en criterios específicos de resistencia, durabilidad, flexibilidad y compatibilidad con el método de fabricación, asegurando que los materiales elegidos fueran óptimos para la seguridad tanto como los usuarios y para el personal encargado de los desechos hospitalarios. La selección de dichos materiales a utilizar fue esencial para la efectividad y funcionalidad del prototipo.

#### 4.5.4.2. *Validación de componentes*

Se procedió a realizar y evaluar las propiedades intrínsecas de los materiales seleccionados. Esto implicó realizar pruebas y análisis para verificar cómo se comportaban los materiales en relación con el funcionamiento del prototipo, como resistencia, durabilidad, flexibilidad y compatibilidad con el entorno de uso.

#### **4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN**

Se empleó una metodología de validación donde se llevó a cabo un análisis estadístico de los datos recopilados durante las pruebas de funcionalidad y seguridad. Este análisis proporcionó información valiosa para determinar si el prototipo cumplió con las expectativas del personal. Esto permitió evaluar la efectividad y calidad del prototipo desarrollado.

Además, se utilizaron las simulaciones en SolidWorks con el fin de determinar el material y diseño correcto a utilizar para que cumpliera con lo que se necesitaba para el prototipo, es decir, análisis de resistencia o fuerza, análisis de torsión, análisis de presión ejercida, entre otras cosas.

Sin embargo se combinó simulaciones en SolidWorks, encuestas en Google Forms y entrevistas directas con los usuarios para evaluar su percepción y satisfacción con respecto al diseño y funcionalidad del prototipo. Esto permitió obtener retroalimentación directa sobre posibles mejoras del dispositivo según las necesidades identificadas por los usuarios.

Se evaluó la perspectiva del usuario previa a la implementación del prototipo en cuanto a su pensar sobre la gestión actual que manejan los establecimientos de salud con respecto a los residuos punzocortantes y la necesidad o no de un mecanismo que permita disminuir los riesgos de lesiones. Y, una vez implementado el uso del prototipo en las salas de UCI y Medicina de Hombres, se evaluó la aceptación que tuvo el prototipo en cuanto a diversos factores abarcando diseño, tamaño y forma, y en funcionalidad, durabilidad, facilidad de uso, entre otras cosas.

#### 4.7 CRONOGRAMA

En este apartado, se presenta en detalle el cronograma de actividades planificadas para llevar a cabo la investigación durante un periodo estimado de diez semanas. (Tabla 4). Se describen las actividades que se realizarán a lo largo del tiempo establecido para asegurar una adecuada organización y cumplimiento de los objetivos propuestos.

**Tabla 4 - Cronograma**

Desarrollo de actividades del proyecto de investigación	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Visita Hospital Regional Occidente										
Visita Hospital Mario Catarino Rivas										
Diseño del prototipo en 3D.										
Elección de materiales.										
Toma de medidas de recipientes										
Impresión 3D del prototipo										
Ensamblaje del prototipo										
Pruebas y ajustes del prototipo en los recipientes										
Visita Hospital Regional Occidente										
Entrega de prototipo al centro de salud.										
Resultados, conclusiones y recomendaciones										
Finalización del proyecto										

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## 4.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La matriz de operacionalización de variables le permite al lector identificar fácilmente la relación entre objetivo-variable de investigación y comprender de mejor manera lo que se pretende obtener de cada variable y cómo esta será medida o evaluada. (Tabla 5)

**Tabla 5 - Operacionalización de variables**

<b>Objetivo General</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Desarrollar un prototipo de tapadera costo-efectivo para recipientes de residuos punzocortantes, teniendo en cuenta los insumos disponibles en las organizaciones de salud, mediante la tecnología de impresión 3D.	Aceptación del usuario con respecto al diseño y funcionalidad del prototipo.	Determinar a qué nivel el usuario estaría dispuesto a implementar el uso de la tapadera para recipientes de residuos punzocortantes impresa en el material PETG Y TPU por medio de la tecnología de impresión 3D.	Aceptación Diseño Funcionalidad	Versión final del prototipo de tapadera impresa en 3D. Satisfacción del usuario.
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Reconocer la percepción del personal de salud del Hospital de Occidente y el Hospital Mario Catarino Rivas con respecto a la importancia que se le da a la correcta gestión de residuos punzocortantes en dichos establecimientos de salud.	Percepción del personal.	Conocer la opinión del personal sanitario en cuanto al manejo y preocupación de los centros para tener una buena gestión de residuos punzocortantes y lograr una disminución de lesiones causadas por materiales punzantes contaminados.	Percepción Gestión de residuos punzocortantes Lesiones	Porcentaje de individuos que consideran de gran utilidad la implementación del prototipo para mejorar la gestión de residuos y así lograr disminución de lesiones.

### Continuación de la Tabla 5

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Diseñar un modelo de tapadera con mecanismo de back stop utilizando SolidWorks que permita disminuir los riesgos de heridas producidas por objetos punzocortantes.	Diseño y estructura de la tapadera.	Realizar pruebas en diferentes tipos y tamaños de recipientes para definir cuál es el diseño adecuado según las necesidades de los centros de salud con el fin de adaptarlo lo más posible a las preferencias del usuario.	Diseño Estructura Seguridad Necesidades	Acople adecuado a los recipientes Diseño funcional y cómodo
Seleccionar los materiales necesarios que garanticen una eficacia y funcionalidad adecuada del prototipo de tapadera para los recipientes de residuos punzocortantes.	Parámetros de impresión 3D. Nivel de seguridad proporcionado por la tapadera.	Mejora en la seguridad en la gestión de los residuos implementado prototipo de tapadera en recipientes para residuos punzantes y determinar la eficiencia de la tapadera en cuanto a la contención de residuos.	Impresión Especificaciones Durabilidad Resistencia	Velocidad de impresión Tiempo de duración de las tapaderas.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## 4.9 MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica brinda mayor orientación al lector en cuanto a la relación de los diversos capítulos con el tema de investigación y como estos están asociados entre sí para brindar una idea más clara del proyecto. (Tabla 6)

**Tabla 6 - Matriz Metodológica**

<b>Título</b>	<b>Problema de investigación</b>	<b>Preguntas de investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
<b>DESARROLLO PROTOTIPO DE TAPADERA PARA CONTENEDOR DE RESIDUOS PUNZOCORTANTES MEDIANTE IMPRESIÓN 3D</b>	Los desechos hospitalarios son un peligro, debido a la falta de recursos y presupuesto para su adecuada gestión. En los centros de salud de la zona, la escasez de recipientes adecuados para desechos punzocortantes agrava el problema. Las lesiones causadas por materiales contaminados son frecuentes en los hospitales, lo que subraya la importancia de abordar esta problemática. Es crucial asignar recursos para prevenir	<p><b>General</b></p> <p>¿Cuáles serán los componentes utilizados en la creación de un prototipo de tapadera 3D impresa para recipientes de residuos punzocortantes?</p> <p><b>Específicas</b></p> <p>¿Cuáles son los materiales más adecuados para la fabricación del prototipo de tapadera para recipientes de residuos punzocortantes?</p> <p>¿Qué simulaciones y pruebas se pueden realizar para verificar su funcionalidad?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Desarrollar un prototipo de tapadera costo-efectivo para recipientes de residuos punzocortantes, teniendo en cuenta los insumos disponibles en las organizaciones de salud, mediante tecnología de impresión 3D.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>Se realizará encuestas y entrevistas en centros de salud que carecen de recipientes apropiados para</p>	<p><b>Dependiente</b></p> <p>Aceptación y funcionalidad del prototipo de tapadera mediante el método de impresión 3D</p> <p><b>Independientes</b></p> <p>Tamaño del prototipo Materiales Costos Seguridad</p>	<p>SolidWorks Impresión 3D Ensamblaje del Prototipo Medidas</p>

**Continuación de la Tabla 6**

<b>Título</b>	<b>Problema de investigación</b>	<b>Preguntas de investigación</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología y Herramientas</b>
	riesgos para la salud y contaminación ambiental.		<p>desechos punzocortantes.</p> <p>Diseñar modelo de tapadera con mecanismo de back stop utilizando SolidWorks.</p> <p>Seleccionar los componentes necesarios para la creación del prototipo de tapadera para los recipientes de residuos punzocortantes.</p>		

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## V. RESULTADOS

En este capítulo se detalló cada fase de la metodología de estudio incluyendo el proceso de diseño y elaboración hasta el análisis de la percepción del personal. Durante la fase de recolección de datos para la investigación, se llevó a cabo una encuesta a las licenciadas de cada sala en dos hospitales distintos, el Hospital Regional de Occidente y el Hospital Dr. Mario Catarino Rivas. En total, se encuestaron 14 salas en ambos hospitales.

### 5.1 ENCUESTAS (PERCEPCIÓN DE USUARIO SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS PUNZOCORTANTES)

Se aplicaron encuestas en el Hospital Regional de Occidente y el Hospital Dr. Mario Catarino Rivas a continuación, se presenta una tabla (Tabla 7) que muestra las salas en las cuales se hizo las encuestas enfocadas en conocer la percepción de los usuarios sobre la temática del estudio. Sin embargo, en función de lograr una comparativa adecuada únicamente se limitaron a 4 salas en ambos hospitales las cuales se presentarán más adelante la comparativa respectivas basado en la situación que se encontró.

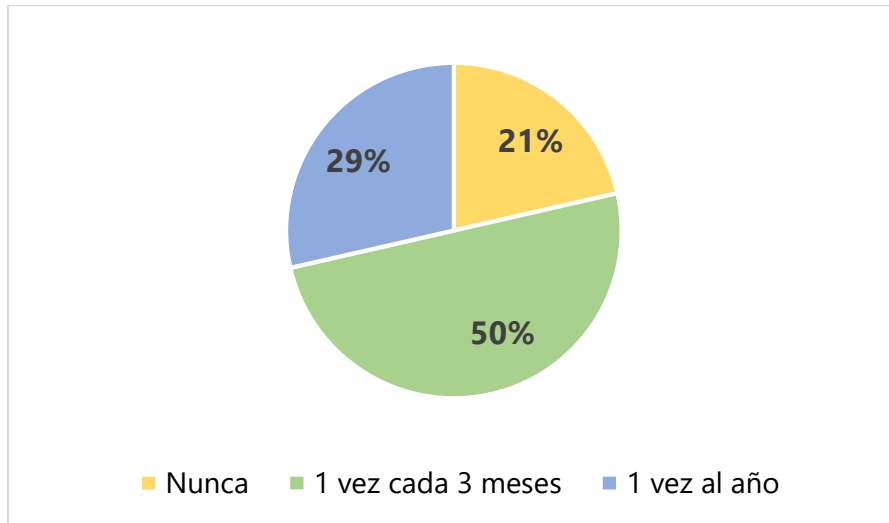
**Tabla 7 - Salas Entrevistadas y Encuestadas**

<b>Hospital Dr. Mario Catarino Rivas</b>	<b>Hospital Regional de Occidente</b>
UCI	Quirófano Obstétrico y Recuperación
Emergencia Cirugía	Labor y Parto
Labor y Parto	Embarazo Patológico
Medicina de Hombre	Medicina de Hombre
Cirugía de Hombre	UCI
Recién Nacidos	Puerperio
	Recién Nacidos
	Cirugía de Hombre

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Al investigar la gestión de desechos punzocortantes en hospitales, surgió la cuestión de si el personal médico seguía adecuadamente los protocolos al desechar estos residuos. El análisis reveló que, en 13 de las 14 salas encuestadas, se observó que el personal no utilizaba los contenedores correctos para desechar estos residuos. Este hallazgo plantea preocupaciones significativas sobre la seguridad en la gestión de desechos en los hospitales estudiados. La falta de recursos y el incumplimiento de los procedimientos adecuados representan un riesgo para la salud del personal médico. Estos resultados destacan la urgencia de implementar medidas efectivas para garantizar un manejo seguro de los desechos punzocortantes y proteger la salud del personal hospitalario.

Durante estas encuestas, se abordó un aspecto crucial relacionado con las condiciones laborales en los hospitales y centros clínicos la incidencia de lesiones causadas por residuos punzocortantes durante la jornada laboral. Este análisis no solo se centró en recopilar datos sobre la incidencia de lesiones en el lugar de trabajo, sino que también permitía evaluar la efectividad de las medidas de seguridad y prevención implementadas en estas instituciones de salud.



**Ilustración 4 - Frecuencia de reportes por heridas de residuos punzantes.**

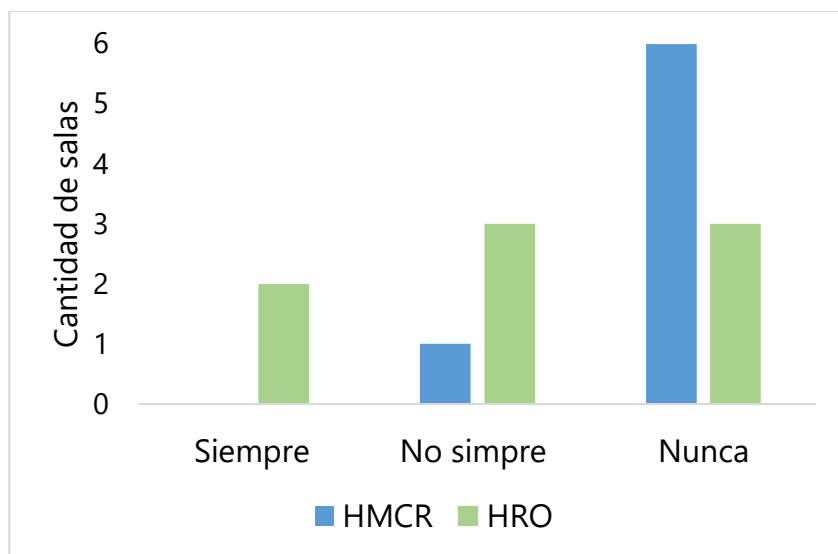
Fuente: (Autoría propia, 2024)

Los resultados obtenidos con base en esta pregunta fueron que el 50% de los encuestados ha tenido u observado heridas causadas por residuos punzocortantes mínimo una vez cada tres meses. El 29% opina que se da una vez al año y el 21% restante no ha tenido ni observado heridas causadas por estos residuos.

Durante el estudio se enfocó en comprender cómo la disponibilidad de contenedores adecuados afecta las prácticas de eliminación de residuos médicos en entornos hospitalarios.

Esta pregunta se centró en comprender cómo la disponibilidad de contenedores adecuados influye en las prácticas de eliminación de residuos médicos. En la encuesta realizada a las jefas de cada sala en el Hospital Regional de Occidente, 6 de ellas indicaron que sí creían que la disponibilidad de contenedores adecuados afectaba su forma de desechar los residuos, mientras que 1 respondió que no. De manera similar, en el Hospital Mario Catarino Rivas, 6 licenciadas de sala expresaron que sí creían que la disponibilidad de contenedores adecuados influía en su manejo de residuos, y 1 indicó lo contrario.

Otra de las preguntas clave que se les hizo fue si siempre utilizaban los contenedores adecuados para desechar los residuos punzocortantes después de utilizarlos. (Ilustración 5), los resultados de la encuesta muestran que, de las 14 salas encuestadas, 2 indicaron que siempre utilizan los contenedores adecuados para desechar los residuos punzocortantes después de utilizarlos. Sin embargo, 6 salas admitieron que no siempre lo hacen, mientras que otras 6 salas indicaron que nunca lo hacen. Estos resultados revelan una variedad de prácticas en la gestión de residuos punzantes entre las diferentes salas encuestadas en ambos hospitales.

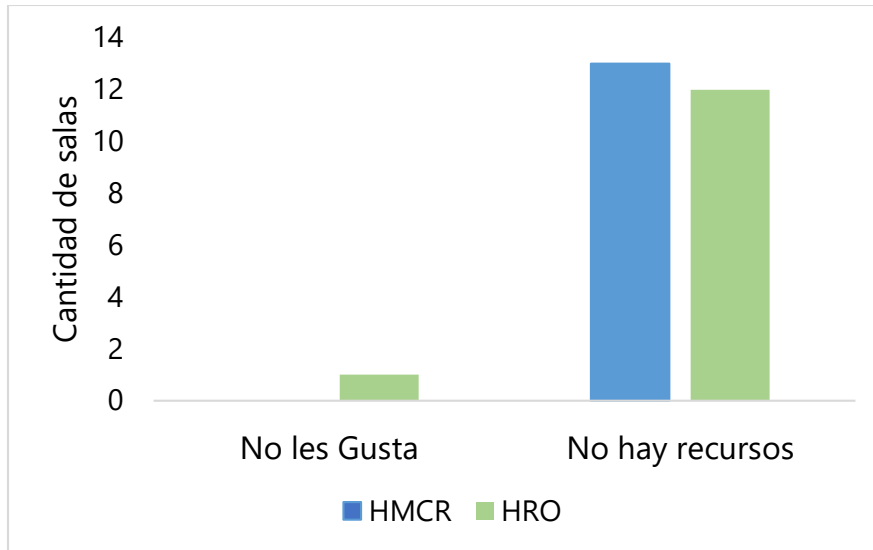


**Ilustración 5 - Grafica de resultados de uso de contenedores adecuados en las salas.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Durante la encuesta realizada a las licenciadas de cada sala en los hospitales, se incluyó una pregunta sobre posibles cambios para promover el uso correcto de los contenedores para desechar residuos punzocortantes en su entorno laboral. Las opciones ofrecidas fueron la introducción de nuevos recipientes, y la elección entre recipientes pequeños o grandes. Los resultados mostraron una diversidad de preferencias entre las salas encuestadas. 1 sala optó por la instalación de un nuevo y pequeño recipiente, mientras que 4 salas prefirieron nuevos y grandes recipientes. 3 salas expresaron interés en recibir nuevos recipientes sin especificar su tamaño, mientras que 3 salas eligieron específicamente recipientes pequeños y otras 3 salas prefirieron recipientes grandes.

Se investigó acerca de los motivos que podrían explicar por qué algunas personas no optan por utilizar los contenedores apropiados para desechar residuos. (Ilustración 6), se planteó con el objetivo de comprender los motivos detrás de la falta de utilización de los contenedores adecuados para desechar residuos en los hospitales, donde los resultados de la encuesta indican que, en una sala del Hospital Regional de Occidente, la razón principal por la que algunas personas no utilizan los contenedores adecuados para desechar residuos es simplemente la preferencia personal. Por otro lado, en las otras 13 salas encuestadas en ambos hospitales, la razón principal señalada fue la falta de recursos.

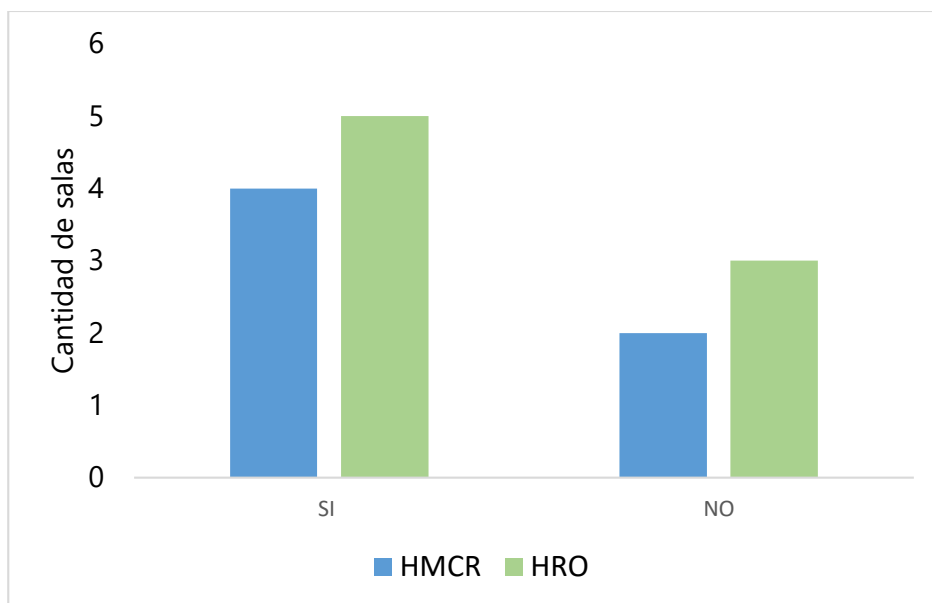


**Ilustración 6 - Grafica de razón por cual no utilizan recipientes adecuados.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

El propósito de la siguiente evaluación fue medir el grado de familiaridad con los riesgos relacionados con las lesiones causadas por residuos punzocortantes y la relevancia de emplear los recipientes correctos. Se solicitó a los participantes que calificaran su nivel de conocimiento en una escala del 1 al 10. Esta pregunta buscaba medir el grado de familiaridad y comprensión que las jefas de sala tenían sobre estos temas críticos en el manejo de residuos médicos. Con las respuestas obtenidas 5 licenciadas reportaron un grado 10 sobre el conocimiento y familiaridad, 4 reportaron grado 8, 3 reportaron grado 9 y 2 reportaron grado 7. Esta información proporcionaría datos significativos para evaluar la efectividad de los programas de capacitación y concientización sobre seguridad en el manejo de residuos médicos en los hospitales evaluados.

La siguiente pregunta que fue planteada es si habían recibido un tipo específico de capacitación. (Ilustración 7). La razón detrás de esta pregunta es entender si el personal de salud de la sala en los hospitales Regional de Occidente y Mario Catarino Rivas han sido capacitadas en un área específica o si tiene algún conocimiento sobre la peligrosidad que son las lesiones por los residuos punzocortantes. Esto nos ayudará a evaluar su nivel de preparación y habilidades.



**Ilustración 7 - Gráfica capacitación al personal.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

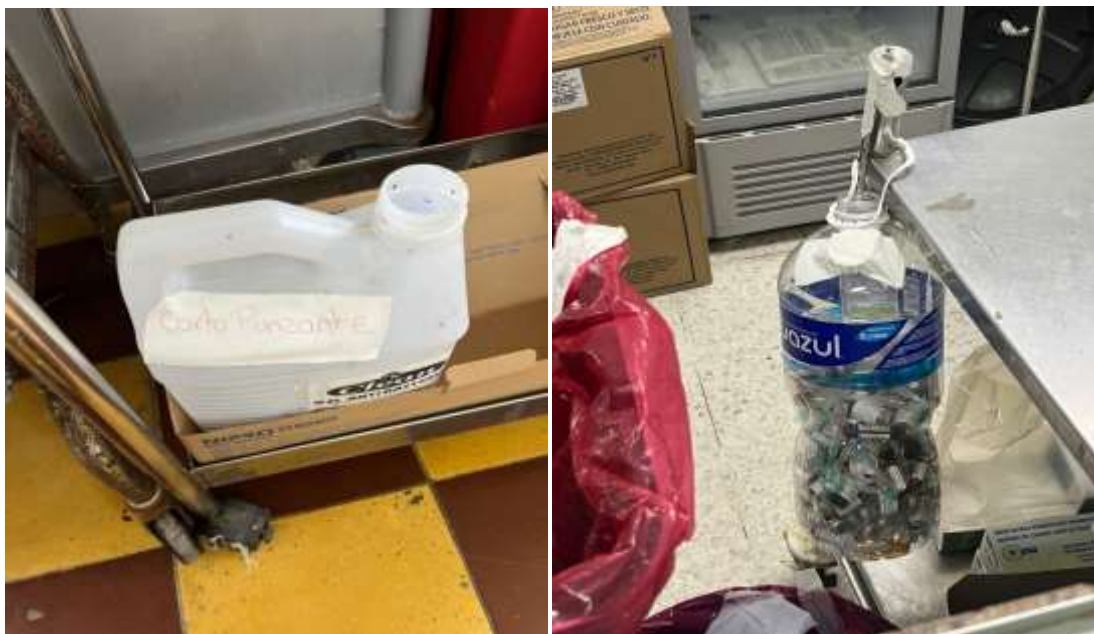
Durante la recolección de datos para la investigación, se indagó sobre posibles medidas para mejorar la conciencia sobre el uso adecuado de los contenedores de desechos punzocortantes. Las opciones planteadas incluyeron capacitaciones específicas y la implementación de señalización en los contenedores. Los resultados obtenidos de la encuesta revelaron que todos los encuestados, eligieron tanto las capacitaciones como la señalización en los contenedores como acciones importantes para aumentar la conciencia sobre el uso correcto de los contenedores para desechar residuos punzocortantes. Además, sugirieron la implementación de una vigilancia estricta en el uso de los contenedores como medida complementaria para garantizar el cumplimiento adecuado de los protocolos de manejo de residuos.

Una de las preguntas clave fue si el personal de salud había recibido capacitación específica. Las opciones de capacitación ofrecidas fueron Identificación de recipientes adecuados y Procedimientos de manipulación segura. Se encontró que las nueve salas han recibido capacitación en ambas áreas propuestas: Identificación de recipientes adecuados y Procedimientos de manipulación segura. Este hallazgo sugiere un interés significativo y una

percepción de importancia en la adquisición de conocimientos y habilidades en ambas áreas por parte del personal a cargo de las salas en los hospitales examinados.

### 5.1.1 OBSERVACIONES DE CAMPO

Durante las visitas realizadas a los hospitales, se observó una situación preocupante en cuanto a la improvisación por parte del personal de salud para la gestión de residuos punzocortantes. Se evidenció la necesidad urgente de contar con recipientes adecuados para la segregación segura de estos desechos, ya que se observó que los usuarios se ven obligados a improvisar soluciones. Esta improvisación expone al personal a riesgos significativos de lesiones y enfermedades, lo cual es motivo de preocupación en el entorno laboral de estos profesionales de la salud. Estas imágenes ofrecen una representación visual de la improvisación por parte del personal de salud para la gestión de residuos punzocortantes. (Ilustración 8)



**Ilustración 8 - Improvisación de recipiente HRO y HMCR**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## 5.2 COMPARATIVA SALAS DE AMBOS HOSPITALES

De las 14 salas visitadas en su totalidad en ambos hospitales, se coincidió con el ingreso a cuatro mismas áreas tanto del Hospital Regional de Occidente (HRO) como del Hospital Dr. Mario Catarino Rivas (HMCR). Por tal motivo, se logró hacer una comparación de la gestión de residuos en ambos hospitales en estas cuatro salas y qué tan bien fue aceptado el prototipo inicialmente. (Tabla 8)

**Tabla 8 - Comparación de las salas visitadas**

<b>Característica</b>	<b>Labor y Parto</b>	<b>Medicina de Hombre</b>	<b>UCI</b>	<b>Cirugía de Hombre</b>
Uso de recipiente para desechos punzocortantes	<b>HRO</b> Recipientes adecuados, pero lo reutilizan.	<b>HRO</b> Recipientes adecuados, siempre tienen nuevos.	<b>HRO</b> No hay recurso, improvisan.	<b>HRO</b> Utilizan botellas de agua o galones de cloro.
	<b>HMCR</b> Utilizan galones. Más de 2 años sin recibir recipiente adecuado.	<b>HMCR</b> Utilizan galones de agua o cloro.	<b>HMCR</b> Utilizan galones de agua.	<b>HMCR</b> Utilizan galones de agua. (Anexo 1)
Reporte de lesiones	<b>HRO</b> Hay una hoja de reporte y protocolo establecido.	<b>HRO</b> Hay una hoja de reporte y protocolo establecido.	<b>HRO</b> Hay una hoja de reporte y protocolo establecido.	<b>HRO</b> Hay una hoja de reporte y protocolo establecido.
	<b>HMCR</b> Si reportan las lesiones.	<b>HMCR</b> No siempre reportan las lesiones.	<b>HMCR</b> Siempre reportan las lesiones.	<b>HMCR</b> No siempre reportan las lesiones.
Movilización de residuos	<b>HRO</b> Trasladan las agujas al contenedor.	<b>HRO</b> Mantienen fijos los recipientes.	<b>HRO</b> Mantienen fijos los recipientes.	<b>HRO</b> Mantienen fijos los recipientes.
	<b>HMCR</b> Tienen los recipientes de desechos fijos	<b>HMCR</b> Mantienen fijos los recipientes.	<b>HMCR</b> Mantienen fijos los recipientes.	<b>HMCR</b> Mantienen fijos los recipientes.

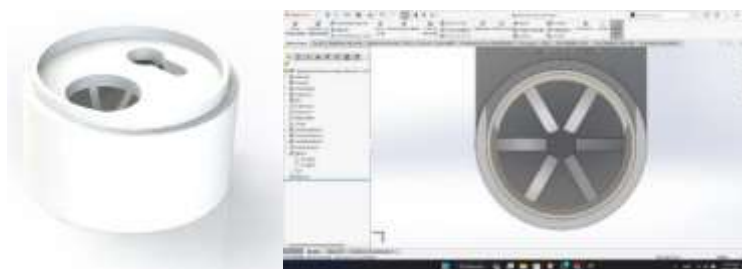
### Continuación de la Tabla 8

Característica	Labor y Parto	Medicina de Hombre	UCI	Cirugía de Hombre
Segregación según tipo de desecho	<b>HRO</b> Un solo recipiente para agujas y vidrio. (Anexo 2)	<b>HRO</b> Separan los residuos en 3 tipos de recipientes	<b>HRO</b> Separan los residuos en cajas de cartón rígido.	<b>HRO</b> Separan los residuos en tres cajas de cartón rígido. (Anexo 3)
	<b>HMCR</b> Separan vidrio y jeringas.	<b>HMCR</b> Ampollas, agujas y frascos de vidrio juntos en un mismo basurero con bolsa negra.	<b>HMCR</b> Colocan el vidrio y jeringas en un mismo galón con las agujas.	<b>HMCR</b> Colocan el vidrio y jeringas en una misma bolsa roja.
Aceptación del prototipo	<b>HRO</b> Les parece bien siempre y cuando sea funcional y eficiente.	<b>HRO</b> Están muy de acuerdo con la implementación del prototipo en su sala.	<b>HRO</b> Tomaron a bien el prototipo	<b>HRO</b> Miran el prototipo como una buena herramienta.
	<b>HMCR</b> Miran el prototipo como una buena herramienta.	<b>HMCR</b> Tomaron a bien el prototipo	<b>HMCR</b> Están muy de acuerdo con la implementación del prototipo en su sala.	<b>HMCR</b> Tomaron a bien el prototipo.

Fuente: (Autoría propia, 2024)

### 5.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

El prototipo inicialmente estaba ideado para funcionar a través de un mecanismo de back stop basado en un tipo de aspas dentro de los agujeros para permitir el ingreso de objetos y evitar la salida de estos. (Ilustración 9)



**Ilustración 9 - Primer Diseño orificios de tapadera.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Sin embargo, se presentó el inconveniente de una caída donde se estaban realizando las pruebas lo cual también fue determinante para realizar un segundo diseño ya que hubo una fractura en el prototipo de una altura pequeña similar donde estarán en las salas, de igual manera debido a falla funcionales de ese mecanismo y fragilidad en las aspas de los agujeros después de varios intentos, ese diseño no fue efectivo. (Ilustración 10)

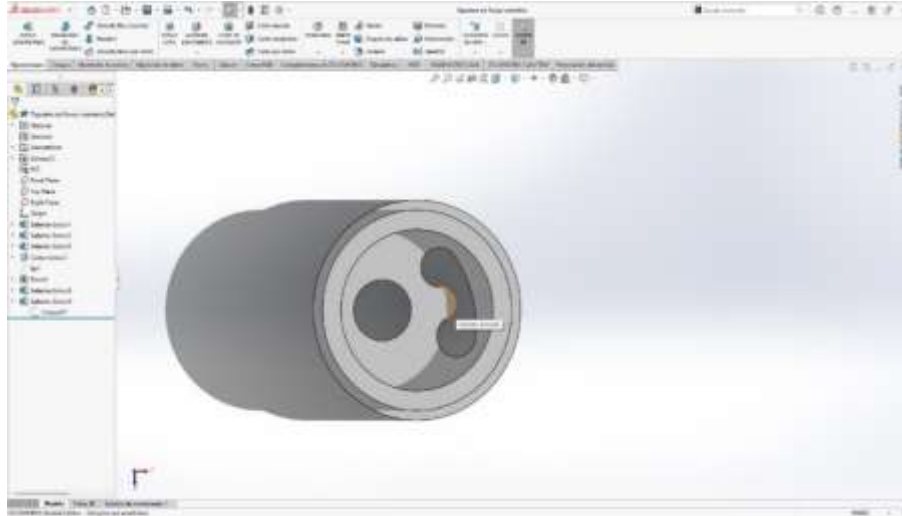


**Ilustración 10 - Fallas primer prototipo tapadera.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Por tal motivo, se optó por un diseño sin estas aspas, únicamente con los orificios y un protector sobre este que evite la salida de los objetos igual impreso en 3D. (Ilustración 11)

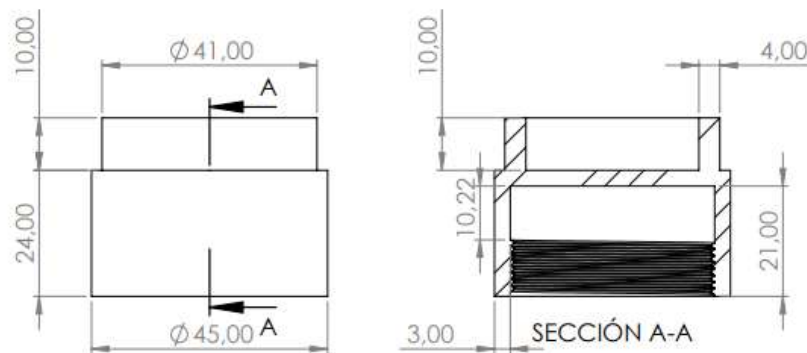
Basado en la observación en las salas, entrevistas al personal de salud y observando los recipientes ya existentes, se decidió dar una adaptación a los recursos con los que cuenta cada uno de estos hospitales donde una tapadera tipo rosca era lo más adecuado para cumplir con la función. El diseño final de la tapadera para recipientes de residuos punzocortantes, luego de algunas pruebas fallidas consistió en la parte inferior tipo rosca, compatible con los envases que utilizan en los establecimientos de salud para los residuos punzocortantes, que son galones plásticos.



**Ilustración 11 - Nuevo prototipo.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

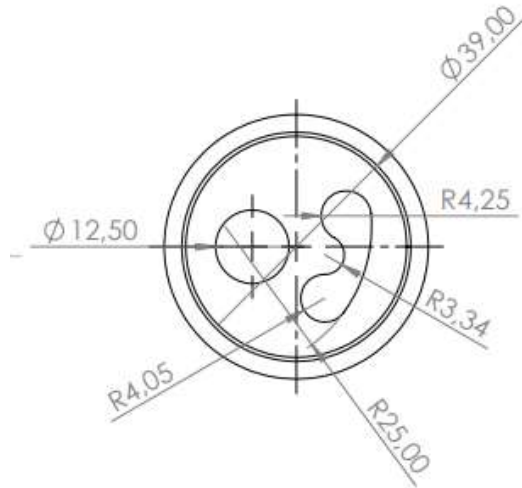
Las dimensiones de la tapadera son 45 mm de diámetro en la parte inferior de rosca y la parte superior de 41 mm de diámetro ya que ahí se va a enganchar la pieza que hace la función de cubrir los orificios. En su totalidad, la tapadera mide 34 mm de alto. Se determinó que el grosor para que la tapadera fuera lo suficientemente resistente tenía que ser de 4 y 3 mm. (Ilustración 12)



**Ilustración 12 - Diseño 2D de tapadera.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

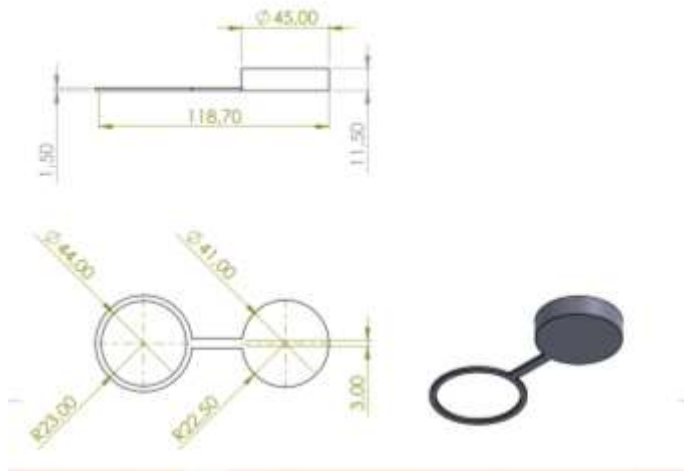
Se diseñó la tapadera con dos agujeros diferentes, uno circular de 12.5 mm de diámetro y uno con forma semiovalada curva. Estos teniendo diferente funcionalidad para cada objeto punzocortante a desechar. (Ilustración 13)



**Ilustración 13 - Diseño orificios de tapadera.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Se diseñó una contra tapadera de material TPU, esta contra tapadera permite un sellado más efectivo una vez que el recipiente alcanza su capacidad máxima, garantizando así una mayor seguridad en el almacenamiento y manipulación de materiales. Este avance contribuye significativamente a la prevención de posibles accidentes y garantiza un entorno más seguro para el personal.



**Ilustración 14 - Diseño de contra tapadera**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Una vez finalizada la impresión se colocó en uno de los galones como los que usan en los establecimientos de salud para verificar su funcionalidad y efectividad. (Ilustración 14)



**Ilustración 15 - Prototipo finalizado impreso en 3D.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## 5.4 MATERIALES DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO

El material con el que fue desarrollado el prototipo de tapadera para recipientes de residuos punzocortantes fue el Tereftalato de Polietileno Glicol (PETG). Este material fue seleccionado debido a su resistencia a impactos y a la facilidad de impresión por su flexibilidad, ya que combina las propiedades del PLA y ABS. La comparativa está basada en los recursos bibliográficos tomados de (Materiales más usados en impresión, 2020), (Los mejores materiales para imprimir en 3D: Guía completa - Polaridad.es., 2024,) (PETG, El filamento 3D que más está creciendo en la Impresión 3D. Comparación con ABS y PLA., s. f.), (Alexandra, 2022), (Alfonso, 2019). (Tabla 9)

El PETG es una placa de copoliéster transparente incolora que combina excelentes propiedades de mecanización y termoformado con buena resistencia al impacto. Este tiene buen comportamiento al fuego, y también genera una cantidad baja de humos en caso de combustión.

**Tabla 9 - Comparativa de materiales**

<b>Característica</b>	<b>PETG</b>	<b>TPU</b>	<b>PLA</b>
Resistencia	El PETG destaca por su resistencia a impactos, químicos y a la luz solar. A diferencia del PLA y ABS, permite cierta deformación previo a romperse.	Es resistente a la abrasión y tiene una buena resistencia a productos químicos. Puede absorber bien los impactos, lo que lo vuelve difícil de romperse.	Posee gran rigidez, lo que lo vuelve un material más frágil ya que carece de deformación.
Flexibilidad	A diferencia del PLA, el PETG posee mayor flexibilidad similar a la de ABS. Esto lo convierte en un mejor material para piezas impresas en 3D.	Es un plástico muy flexible que se utiliza principalmente para imprimir objetos que requieren una alta elasticidad.	El PLA no posee una alta flexibilidad, al contrario, es un material bastante rígido.
Durabilidad	Posee gran durabilidad en piezas en contacto con líquidos y fluidos.	La durabilidad del TPU lo vuelve capaz de soportar el contacto con agua, aceites y algunos químicos.	Puede soportar contacto con fluidos y ciertos químicos, sin embargo, es menos duradero que el TPU y PETG.

**Continuación de la Tabla 9**

<b>Característica</b>	<b>PETG</b>	<b>TPU</b>	<b>PLA</b>
Facilidad de impresión	Es más difícil de imprimir que el PLA debido a su mayor temperatura de extrusión y tendencia a deformarse si no se controla la temperatura de la cama caliente adecuadamente. Sin embargo, es más fácil de imprimir que el TPU.	Debido a su alta flexibilidad, es un material que se vuelve más difícil para imprimir en impresoras 3D que no tienen extrusión directa.	La facilidad de impresión es bastante alta debido a que requiere temperaturas de extrusión más bajas que otros materiales y no se deforma fácilmente.
Observación/ Conclusión	El PETG suele ser considerado más resistente que el PLA, pero no más resistente que el TPU. Es menos flexible que el TPU, pero esto hace que sea más fácil de imprimir en impresoras 3D, además posee una durabilidad similar a la del TPU en cuanto al contacto con ciertos elementos y es más duradero que el PLA.	El TPU es un material altamente resistente y flexible, es capaz de soportar una gran deformación previo a romperse. Sin embargo, debido a su alta flexibilidad se vuelve un desafío para imprimir ya que se requieren ajustes específicos en la configuración de la impresora.	El PLA es muy utilizado en impresión 3D debido a su bajo costo, sin embargo, es mucho menos flexible, resistente y duradero que otros materiales. Es ideal usarlo en piezas con poco movimiento mecánico.

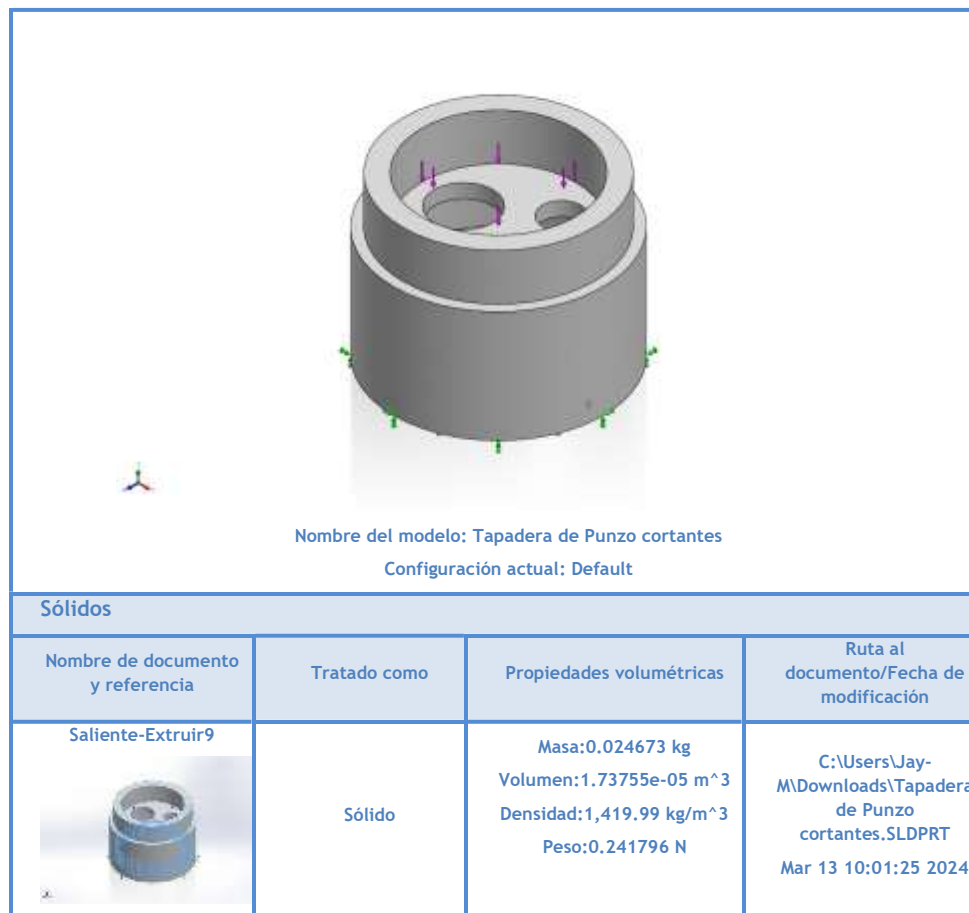
Fuente: Citado en la parte superior.

## 5.5 SIMULACIONES DE SOLIDWORKS

Las simulaciones de SolidWorks se desarrollaron con el fin de determinar el buen funcionamiento del diseño de prototipo elaborado y sus propiedades físicas.

### 5.6.1. ANÁLISIS FLECTOR

Se realizó el estudio acerca de la presión ejercida por la aguja en la superficie del dispositivo como primer paso de todas las acciones del dispositivo. (Ilustración 15)



**Ilustración 16 - Análisis flector**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Se utilizaron propiedades específicas para evaluar y comprender el comportamiento estructural de la pieza bajo cargas de flexión. (Tabla 10). Este tipo de análisis es crucial en el diseño

y la ingeniería de piezas y ensamblajes para asegurar que cumplan con los requisitos de resistencia y seguridad.

**Tabla 10 - Propiedades del análisis flector**

Nombre de estudio	Análisis_Flector
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Jay-M\Downloads)

Fuente: (Autoría propia, 2024)

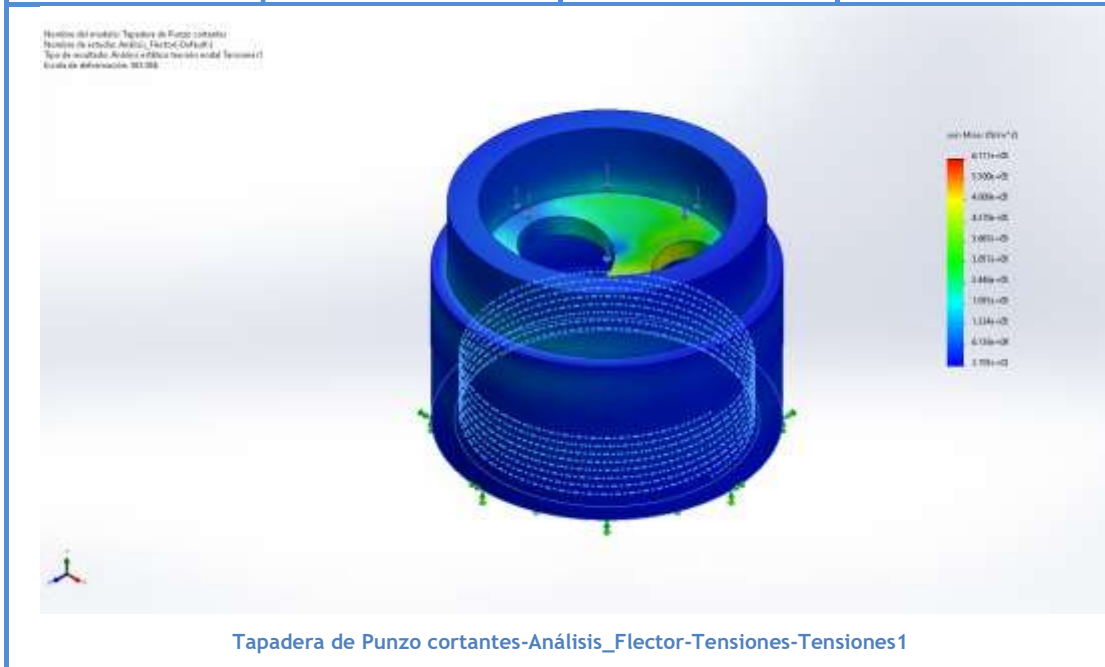
**Tabla 11 - Unidades utilizadas análisis flector**

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

Fuente: (Autoría propia, 2024)

**Resultados del estudio**

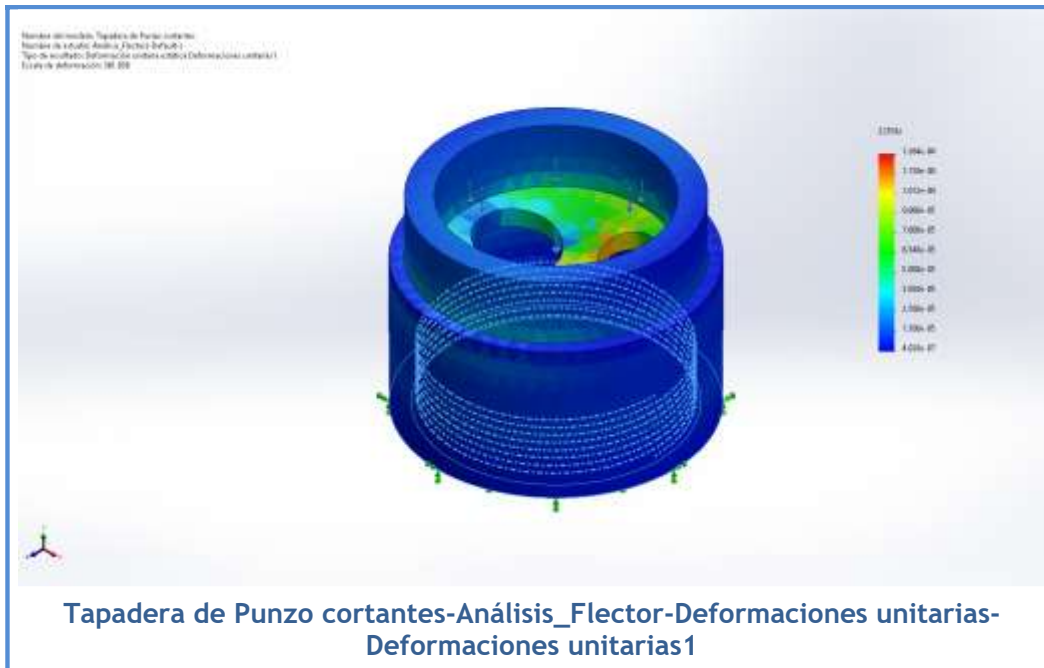
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.783e+02N/m <sup>2</sup> Nodo: 2613	6.111e+05N/m <sup>2</sup> Nodo: 7279



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 1	1.248e-02mm Nodo: 10592

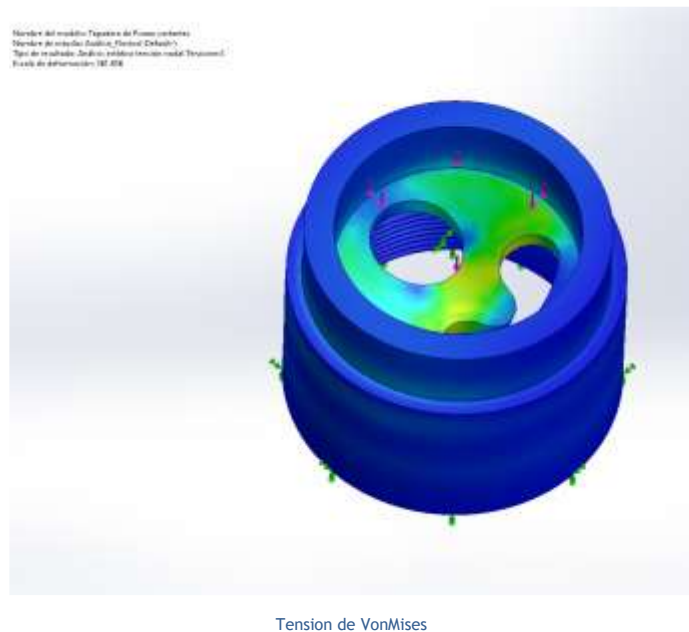
**Ilustración 17 - Resultado del análisis flector**

Fuente: (Autoría propia, 2024)



**Ilustración 18 - Análisis flector**

Fuente: (Autoría propia, 2024)



**Ilustración 19 - Resultado de análisis flector**

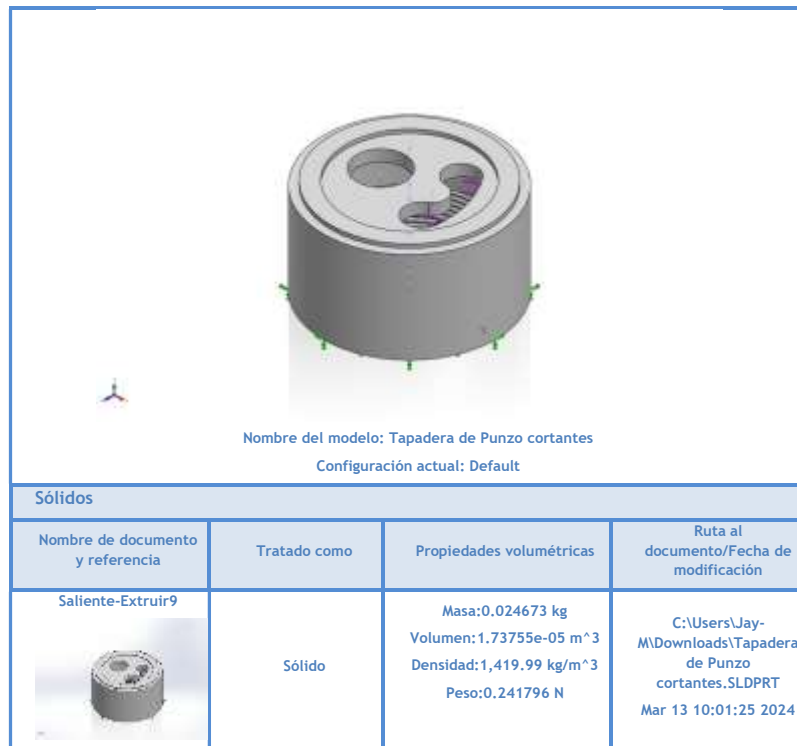
Fuente: (Autoría propia, 2024)

Como conclusión de la simulación de análisis de flexión en SolidWorks, se determinó que el dispositivo es capaz de soportar las fuerzas ejercidas normalmente. Esto implica que, bajo las condiciones de carga simuladas, el componente o ensamblaje demostró tener una resistencia adecuada para resistir las fuerzas de flexión a las que estará expuesto en su funcionamiento habitual.

Por ende, es posible decir que el dispositivo es capaz de soportar las fuerzas ejercidas normalmente proporciona una garantía crucial para la calidad y seguridad del producto, así como una base sólida para avanzar en el proceso de desarrollo con confianza.

### 5.6.2. ANÁLISIS DE FUERZA

En el estudio de fuerza se priorizó la acción de sacar la aguja hipodérmica de la jeringa y las fuerzas asociadas en base a la deformación del material. Así mismo se analizaron las tensiones de este. (Ilustración 19)



**Ilustración 20 - Análisis de fuerza**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Se utilizaron propiedades específicas para realizar las simulaciones y evaluar cómo las fuerzas externas afectan al componente en términos de esfuerzos, deformaciones y otros parámetros relacionados con la mecánica estructural. (Tabla 12)

**Tabla 12 - Propiedades del análisis de fuerza**

**Propiedades de estudio**

Nombre de estudio	Análisis_Fuerza2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Jay-M\Downloads)

Fuente: (Autoría propia, 2024)

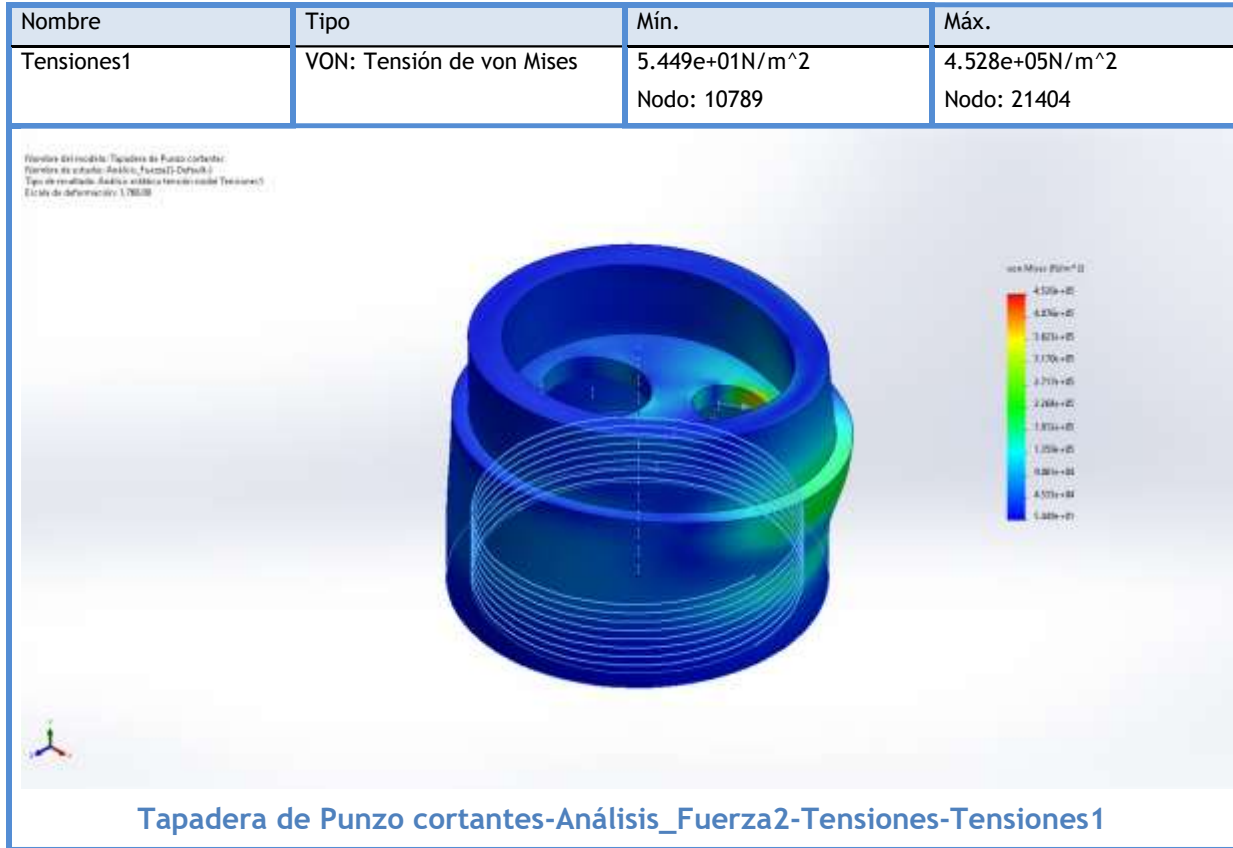
**Tabla 13 - Unidades utilizadas análisis de fuerza**

**Unidades**

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

Fuente: (Autoría propia, 2024)

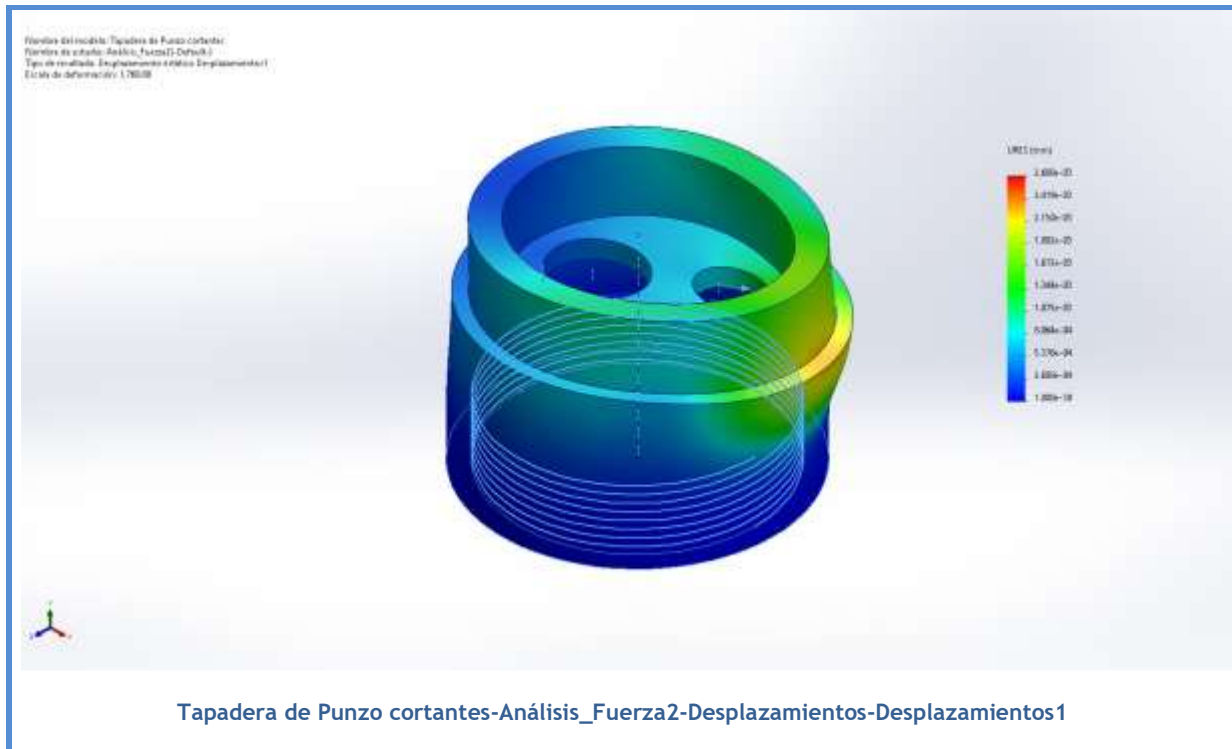
## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 1	2.688e-03mm Nodo: 14000

**Ilustración 21 - Resultado de análisis fuerza tensiones**

Fuente: (Autoría propia, 2024)



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.527e-08 Elemento: 14107	1.022e-04 Elemento: 744

**Ilustración 22 - resultado de análisis fuerza desplazamiento**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

Como conclusión de la simulación de análisis de fuerza en SolidWorks, se determinó que la fuerza ejercida durante las acciones para las que está diseñado el prototipo no son críticas y que el material es capaz de soportar dichas fuerzas. Esta conclusión implica que, bajo las condiciones de carga simuladas, la pieza demostró tener una resistencia adecuada para resistir las fuerzas a las que estará expuesto en su funcionamiento habitual.

## 5.6 COSTOS ASOCIADOS A LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

La elaboración del prototipo requirió una inversión inicial de L. 1,500.00 por el material PETG, la impresión 3D por pieza tuvo un valor de L. 60.00 y la movilización hasta el Hospital de Occidente (Tabla 14) que fue el establecimiento donde se implementó el uso del prototipo fue de L. 3,500.00 mientras que la movilización hacia el Hospital Mario Catarino Rivas fue de L. 300.00. (Tabla 15)

**Tabla 14 - Costos Viaje a Santa Rosa de Copan**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Material PETG	1 rollo (2.2 Lb)	L 1,500.00	L 1,500.00
Impresión 3D	5 unidades	L 60.00	L 300.00
Movilización	2 viajes ida y vuelta	L 1,750.00	L 3,500.00

Fuente: (Autoría propia, 2024)

**Tabla 15 - Costos Viaje Hospital Dr. Mario Catarino Rivas**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Material PETG	1 rollo (2.2 Lb)	L 1,500.00	L 1,500.00
Impresión 3D	5 unidades	L 60.00	L 300.00
Movilización	1 viaje	L 300.00	L 300.00

Fuente: (Autoría propia, 2024)

**Tabla 16 - Costo Total de Prototipo**

<b>Total General</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
Prototipos	10	L 590.00	L 5,900.00

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## 5.7 ENTREVISTAS (PERCEPCIÓN DEL USUARIO DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO)

Una vez implementado el prototipo en el hospital Regional de occidente, específicamente en las salas de UCI y Medicina de Hombres. (Ilustración 22). Se llevó a cabo una entrevista con las Licenciadas de sala para evaluar el uso del prototipo, abordando aspectos como la facilidad de apertura y cierre de la tapadera, su resistencia percibida, la facilidad de manipulación del diseño de la tapadera, y las posibles sugerencias para mejorar su funcionalidad. En Hospital Dr. Mario Catarino Rivas no se logró implementar el prototipo para realizar las pruebas debido a el tiempo para poder tomar las entrevistas y el acceso a salas.

En general, sus respuestas fueron bastante positivas, el personal si accedió a utilizarlo y obtuvieron muy buenos resultados. Las jefaturas consideran que, si pueden lograr disminuir la cantidad de heridas debidas a heridas punzocortantes y parece ser un producto duradero, con el tiempo se verá qué tan resistente resultó ser.

Como recomendaciones para mejoras del prototipo sugirieron hacer otras medidas para diferentes tipos de desechos, ya que el agujero de circular podría ser un poco más grande para poder introducir otro tipo de residuos. Con esto se demostró una actitud proactiva de parte del personal hacia la mejora continua del producto para adaptarse mejor a las necesidades específicas de cada entorno hospitalario y continuar utilizándolo.



**Ilustración 23 - Implementación del prototipo**

Fuente: (Autoría propia, 2024)

## VI. DISCUSIÓN

En la siguiente sección se abordan los resultados obtenidos en el estudio, la experiencia de visitar las salas y observar de primera mano el proceso de segregación de residuos reveló una realidad preocupante: en la mayoría de las ocasiones, el personal se veía obligado a improvisar, utilizando botellas de agua o galones de alcohol para desechar los residuos punzocortantes. Esta práctica improvisada ilustra la falta de recursos y la urgente necesidad de soluciones adecuadas en la gestión de residuos. Además, se observaron diferencias significativas entre los dos hospitales en cuanto a las prácticas de segregación en las salas, lo que subraya la importancia de adaptar las soluciones a las necesidades específicas de cada entorno hospitalario.

Es relevante mencionar que al inicio de este estudio se identificaron limitaciones en las investigaciones hechas previamente relacionadas al tema. Dentro de esta investigación se lograron superar algunas de las limitaciones durante el desarrollo del estudio, por ejemplo, una investigación realizó las entrevistas vía telefónica lo cual da entrada a que exista sesgo en los resultados. Cosa que no se vió en esta investigación debido a que el estudio se realizó observando de primera mano las actividades del personal mediante visitas, encuestas y entrevistas realizadas personalmente a las licenciadas de las diferentes salas. Otras investigaciones estudiaron solo un hospital o una sola sala, y en el caso de este estudio se tomaron diez salas de dos hospitales de zonas diferentes del país para visualizar sus diferencias y similitudes.

A pesar de las diferencias en los estudios anteriores y el presente, los resultados fueron muy similares. En todos o la mayoría de los casos, los hospitales no tenían un correcto manejo de los desechos, ya sea por falta de recursos, capacitación o simplemente no lo veían como una necesidad, por lo que los riesgos aumentaban. Y todas las investigación mostraron avances significativos al utilizar los recipientes para desechos adecuados y recibir una correcta capacitación.

Sin embargo, como todo estudio exploratorio hubieron nuevos obstáculos, como la accesibilidad a las salas, la posibilidad de entrevistar más hospitales y el tiempo limitado para profundizar en el experimento. A pesar de estas restricciones, es importante resaltar el potencial

del prototipo de tapadera para contribuir a la realidad nacional en términos de gestión segura de residuos punzocortantes.

Se logró identificar que desde el último acuerdo sobre el reglamento para el manejo de los desechos peligrosos generados en los establecimientos de salud que fue emitido por la gaceta en el año 2010 después de indagar con el personal de la secretaria de salud no ha habido ninguna actualización se cuenta con serie de documentos para poder darle seguimiento a estos procesos sin embargo de momento la SESAL no cuenta con mecanismo para asegurarse que efectivamente los hospitales tanto como público y privados están cumpliendo lo establecido

No obstante, es crucial destacar que el objetivo no es reemplazar los recipientes adecuados que cumplen con las normativas con este prototipo, sino ofrecer una propuesta que promueva una gestión más segura de los residuos, basándose en los recursos disponibles actualmente en los hospitales, buscando en la reducción de lesiones y la mejora de las condiciones laborales para los profesionales de la salud. Este enfoque puede, a su vez, conducir a una atención al paciente más segura y efectiva.

## **VII. CONCLUSIONES**

### **7.1. CONCLUSIÓN GENERAL**

Se ha logrado desarrollar un prototipo de tapadera utilizando la tecnología de impresión 3D. Aunque su costo no resulta ser el más económico, se ha demostrado que se adapta a los recursos disponibles en los hospitales. Este desarrollo representa la creación de una tapadera rentable para recipientes de residuos punzocortantes, aprovechando tanto los insumos disponibles en los establecimientos de salud como la versatilidad que ofrece la impresión 3D. Se puede establecer que este primer prototipo ha sido bien recibido por el personal de salud considerando las respuestas en las entrevistas de seguimiento después de su aplicación, demostrando ser una solución aceptada y viable para abordar esta problemática. Con el objetivo de mejorar su costo-efectividad se recomienda para trabajos futuros realizar pruebas con otro tipo de material para disminuir costos.

### **7.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS**

1. Las respuestas obtenidas en las encuestas en ambos establecimientos de salud fueron muy similares, el personal opinó que la mayoría de las veces no se utilizan los contenedores correctos para desechar los residuos punzocortantes y solo 2 de las 14 salas encuestadas indicaron que siempre utilizan los contenedores adecuados. Muchos indicaron que la razón principal de esto es la falta de recursos, por lo tanto, sería interesante indagar en la razón por la que las directivas de los hospitales no asignan fondos para solventar estos asuntos. Además, el 50% de los encuestados revelaron que han presenciado o tenido alguna herida causada por residuos punzocortantes mínimo una vez trimestralmente.
2. Mediante el uso de SolidWorks se logró desarrollar el modelado de un prototipo de tapadera para los recipientes de residuos punzocortantes con el fin de disminuir los riesgos de heridas producidas por objetos de este tipo. Se realizaron simulaciones en este mismo software para determinar el modelo ideal para que el prototipo fuera resistente, duradero y efectivo. Para tener mayor exactitud en cuanto al correcto funcionamiento del prototipo, es posible realizar otro tipo de simulaciones previo a la impresión del mismo.

3. Para la fabricación del prototipo impreso en 3D se seleccionó el material PETG, cuyas áreas de aplicación van desde equipamiento industrial y recipientes hasta equipo médico, debido a sus especificaciones y características como resistencia y facilidad de impresión que lo vuelven ideal para la elaboración de la tapadera. Con el fin de ampliar la investigación, sería de gran utilidad el indagar más en pruebas con otros tipos de materiales de impresión 3D que podrían disminuir costos y hacer que el funcionamiento del mismo sea lo más cercano al ideal.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Evaluar la funcionalidad del prototipo de tapadera en las salas de los establecimientos de salud que posean la mayor cantidad de residuos punzocortantes o la mayor cantidad de heridas mensuales causadas por estos residuos.
2. Ampliar el tiempo de estudio de campo en el que se observe la durabilidad del prototipo, ya sea por pérdida o desperfecto de ruptura, en un periodo de uso más largo, con el fin de identificar posibles mejoras o ajustes necesarios y garantizar su efectividad a largo plazo en la prevención de accidentes por residuos punzocortantes.
3. Determinar la funcionalidad de uso del prototipo en otras salas de los mismos establecimientos de salud.
4. Valorar el uso del prototipo en otros contextos de salud, como ser la atención primaria en salud, donde se aborden los centros de salud rurales, clínicas periféricas, policlínicas, entre otros.
5. Indagar en el uso de nuevos materiales para la impresión 3D del prototipo de tapadera para recipiente de residuos punzocortantes, como ser ABS, o nuevas configuraciones de impresión 3D.
6. Investigar la viabilidad económica y logística de la producción a gran escala del prototipo de tapadera, considerando aspectos como el costo de producción, la disponibilidad de materiales y la capacidad de distribución, para asegurar su accesibilidad y aplicación generalizada en diversos entornos de atención médica.

## REFERENCIAS

1. Ferreira, V., & Teixeira, M. R. (2010). Healthcare waste management practices and risk perceptions: Findings from hospitals in the Algarve region, Portugal. *Waste Management*, 30(12), 2657-2663. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.07.012>
2. Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N., & Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing countries: A mini review. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 35(6), 581-592. <https://doi.org/10.1177/0734242X17691344>
3. Hassan, A., Tudor, T., & Vaccari, M. (2018). Healthcare Waste Management: A Case Study from Sudan. *Environments*, 5(8), 89. <https://doi.org/10.3390/environments5080089>
4. Blenkharn, I. (2014). Healthcare waste and sharps management. *British Journal of Healthcare Management*, 20(9), 424-427. <https://doi.org/10.12968/bjhc.2014.20.9.424>
5. Grimmond, T., & Naisoro, W. (2014). Sharps injury reduction: A six-year, three-phase study comparing use of a small patient-room sharps disposal container with a larger engineered container. *Journal of Infection Prevention*, 15(5), 170-174. <https://doi.org/10.1177/1757177414543088>
6. Blenkharn, J. I. (2009). Sharps management and the disposal of clinical waste. *British Journal of Nursing*, 18(14), 860-864. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.14.43353>
7. Grimmond, T., Bylund, S., Anglea, C., Beeke, L., Callahan, A., Christiansen, E., Flewelling, K., McIntosh, K., Richter, K., & Vitale, M. (2010). Sharps injury reduction using a sharps container with enhanced engineering: A 28 hospital nonrandomized intervention and cohort study. *American Journal of Infection Control*, 38(10), 799-805. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.06.010>

8. Shiferaw, Y., Abebe, T., & Mihret, A. (2012). Sharps injuries and exposure to blood and bloodstained body fluids involving medical waste handlers. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 30(12), 1299-1305. <https://doi.org/10.1177/0734242X12459550>
9. Yuniastuti, E., Ratih, D. M., Aisyah, M. R., Hidayah, A. J., Widhani, A., Sulaiman, A. S., Karjadi, T. H., & Soejono, C. H. (2020). Needlestick and sharps injuries in an Indonesian tertiary teaching hospital from 2014 to 2017: A cohort study. *BMJ Open*, 10(12), e041494. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-041494>
10. Foda, N. M. T., Elshaer, N. S. M., & Sultan, Y. H. M. (2018). Safe injection procedures, injection practices, and needlestick injuries among health care workers in operating rooms. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(1), 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2016.11.002>
11. Garus-Pakowska, A., & Górajski, M. (2019). Epidemiology of needlestick and sharp injuries among health care workers based on records from 252 hospitals for the period 2010–2014, Poland. *BMC Public Health*, 19(1), 634. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6996-6>
12. Jahangiri, M., Rostamabadi, A., Hoboubi, N., Tadayon, N., & Soleimani, A. (2016). Needle Stick Injuries and their Related Safety Measures among Nurses in a University Hospital, Shiraz, Iran. *Safety and Health at Work*, 7(1), 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.07.006>
13. Cui, Z., Zhu, J., Zhang, X., Wang, B., & Li, X. (2018). Sharp injuries: A cross-sectional study among health care workers in a provincial teaching hospital in China. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0691-y>

14. Pogorzelska-Maziarz, M. (2015). Relationship between sharps disposal containers and *Clostridium difficile* infections in acute care hospitals. *American Journal of Infection Control*, 43(10), 1081-1085. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.06.007>
15. Goniewicz, M., Włoszczak-Szubzda, A., Niemcewicz, M., Witt, M., Marciniak-Niemcewicz, A., & Jarosz, M. J. (2012). Injuries caused by sharp instruments among healthcare workers – international and Polish perspectives. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19(3).
16. Organización Mundial de la Salud: Estadísticas mundiales de salud 2022. (2022, mayo 23). <https://consultorsalud.com/oms-estadisticas-mundiales-de-salud-2022/>
17. Oyola-García, A. E. (2021). La variable. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90-93. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
18. *Materiales más usados en impresión 3d* | go3dprint. Es. (2020, noviembre 22). <https://go3dprint.es/materiales-mas-usados-en-impresion-3d/>
19. *Los mejores materiales para imprimir en 3D: Guía completa* - Polaridad.es. (2024, enero 15). <https://polaridad.es/materiales-para-hacer-impresora-3d/>
20. *PETG, El filamento 3D que más está creciendo en la Impresión 3D. Comparación con ABS y PLA.* (s. f.). Recuperado de <https://www.hta3d.com/es/blog/petg-el-filamento-3d-que-mas-esta-creciendo-en-la-impresion-3d-comparacion-con-abs-y-pla>
21. Alexandra. (2022, mayo 10). *¿Cómo es de flexible el TPU? Todo sobre el filamento TPU.* BCN3D Technologies. <https://www.bcn3d.com/es/como-es-de-flexible-el-tpu-todo-sobre-el-filamento-tpu/>

22. Alfonso, M. (2019, diciembre 28). Todo sobre el PLA en impresión 3D. *Bitfab*.

<https://bitfab.io/es/blog/pla-impresion-3d/>

## ANEXOS



**Anexo 1 - Caja para material punzocortante.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)



**Anexo 2 - Falta de segregación de materiales punzocortantes.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)



**Anexo 3 - Botella para material punzocortante.**

Fuente: (Autoría propia, 2024)