



Universidad Tecnológica ECOTEC

Herramienta para mejorar la técnica de fijación planimétrica de una escena del crimen utilizando la app móvil polycam

Línea de Investigación:

Gestión de las Relaciones Jurídicas

Modalidad de titulación:

Entorno virtual

Carrera/programa:

Licenciatura en Criminalística

Título a obtener:

Licenciado/a en Criminalística

Autor (a):

Juliana Paola Correa Enríquez

Jose Enrique Figueroa Zamora

Tutor:

Mgtr. Rosa Andrea Portero Ortiz

Guayaquil – Ecuador

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por su apoyo constante y por inculcarme el valor del esfuerzo y la perseverancia los cuales me han impulsado a seguir adelante en cada etapa de este proceso. A mi tía Claudia por su invaluable ayuda y sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

Agradezco profundamente a mis profesores y asesores, cuyos conocimientos y orientación han sido fundamentales para la culminación de este proyecto.

CERTIFICADO DE REVISIÓN FINAL**ANEXO No. 9****PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón, 06 de agosto de 2024

Magíster
Abg. Andrés Madero
Decano de la Facultad de Derecho y Gobernabilidad
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación **TITULADO: HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA TÉCNICA DE FIJACIÓN PLANIMÉTRICA DE UNA ESCENA DEL CRIMEN UTILIZANDO LA APP MÓVIL POLYCAM**, fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza a los estudiantes: **Juliana Paola Correa Enríquez / José Enrique Figueroa Zamora**, para que procedan con la presentación oral del mismo.

ATENTAMENTE,

Firma

Mgtr Rosa Andrea Portero Ortiz
Tutora

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo general.....	9
1.1.2 Objetivos específicos	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1 Inspección ocular técnica	11
2.2 Lugar de los hechos	12
2.3 Escena del crimen.....	12
2.3.1 Clasificación de la escena del crimen	12
2.3.2 Buenas prácticas en el manejo adecuado de la escena del crimen.....	13
2.3.3 Métodos de fijación	15
2.4 Sensor LiDAR del iPhone.....	17
2.4.1 Aplicaciones del sensor LiDAR del iPhone	18
2.5 Aplicación móvil Polycam	20
2.6 Marco legal.....	21
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	23
3.1 Enfoque y alcance.....	24
3.2 Población y muestra.....	24
3.3 Materiales e instrumentos	25
3.4 Métodos empleados	26
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	48
Referencias bibliográficas.....	49

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En el pasado, la investigación criminal se basaba en métodos rudimentarios como la observación directa, lo que limitaba la precisión y la efectividad del análisis. Sin embargo, a finales del siglo XIX y principios del XX, la criminalística experimentó un avance con la introducción de técnicas más sistemáticas como la antropometría de Alphonse Bertillon y la dactiloscopia de Juan Vucetich (Saferstein, 2015).

Actualmente, la tecnología ha transformado la criminalística, permitiendo la integración de herramientas digitales avanzadas que optimizan la precisión de las investigaciones. Esta transición de métodos tradicionales a tecnologías de vanguardia ha contribuido a la resolución de delitos y la búsqueda de la justicia (Amaya & Cortés, 2011). En este aspecto de constante evolución, la fijación planimétrica de una escena del crimen emerge como uno de los procesos más importantes en la criminalística de campo.

La fijación planimétrica consiste en la representación gráfica exacta de la escena del crimen, esta técnica ha sido tradicionalmente un proceso manual, dependiente de métodos convencionales como el croquis y fotografías bidimensionales. Estos métodos, aunque útiles presentan limitaciones en términos de precisión y perspectiva (Benecke, 2010). Reconociendo estas limitaciones, se han realizado investigaciones para explorar el uso de tecnologías más avanzadas como el escaneo 3D y la fotogrametría en investigaciones forenses (Raneri, 2018). Estos enfoques han demostrado su potencial para capturar representaciones detalladas de las escenas del crimen.

Sin embargo, su implementación se ve obstaculizada por los altos costos de adquisición y los recursos limitados de las instituciones encargadas (Kottner et al. 2023). Estas restricciones también afectan la capacitación técnica del personal especializado para utilizar estas herramientas avanzadas, lo que puede resultar costoso o problemático para aquellos miembros del departamento que no tengan un amplio conocimiento de medios informáticos y electrónicos. (Stevenson & Liscio, 2024).

En consecuencia, existe una necesidad de encontrar enfoques alternativos que permitan aprovechar los avances tecnológicos sin incurrir en gastos excesivos ni en procesos de capacitación complejos. Es aquí donde la aplicación móvil Polycam, que utiliza la tecnología LiDAR disponible en dispositivos móviles como el iPhone y el iPad, puede ser una herramienta accesible y asequible para la fijación de escenas del crimen.

El uso de teléfonos inteligentes para obtener información espacial no es un concepto nuevo y se han publicado varios estudios que han probado la capacidad de captura LiDAR del iPhone a investigaciones forenses, ofreciendo un método más rápido de adquisición de datos 3D (Gillhan, 2021). Sin embargo, debido al reciente lanzamiento de esta tecnología, su utilidad específica en la fijación planimétrica de escenas del crimen no ha sido estudiada en profundidad, lo que destaca la importancia de esta investigación.

Mejorar el proceso de la fijación planimétrica de una escena del crimen tiene implicaciones relevantes en la investigación criminal y la administración de justicia. Estos modelos 3D proporcionarán una visión más completa de la escena, lo que ayuda al análisis y reconstrucción del lugar, además, pueden conducir a una mejor comprensión del jurado durante los juicios (Maiese et al., 2022). La accesibilidad y bajo costo de estas tecnologías móviles podrían facilitar la adopción de estas herramientas por parte de las instituciones con recursos limitados.

Por lo tanto, esta investigación busca explorar nuevas posibilidades en el campo de la criminalística, centrándose en el uso de la tecnología LIDAR y la app móvil Polycam para la fijación de escenas del crimen, contribuyendo al conocimiento existente y abriendo camino para nuevas investigaciones. Este estudio pretende examinar cómo esta herramienta tecnológica podría complementar los métodos actuales de fijación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Desarrollar un procedimiento para mejorar la fijación planimétrica de una escena del crimen a través del uso de la tecnología LiDAR y la app móvil Polycam

1.1.2 Objetivos específicos

- Establecer los usos de la app móvil polycam a través del estudio de sus funciones y capacidades que permitan el análisis de sus posibles ventajas y desventajas en el campo forense
- Comprobar la utilidad de la app móvil polycam en la fijación de una escena del crimen cerrada a través del margen de error de las medidas obtenidas con la app
- Caracterizar las condiciones que debe tener la escena para que la utilización sea óptima a través del procesamiento de la información y de los datos recolectados previamente

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Inspección ocular técnica

La inspección ocular técnica (IOT) forma parte de la criminalística de campo siendo un procedimiento fundamental en la investigación criminal que implica examinar detalladamente el lugar donde se ha cometido un presunto hecho delictivo teniendo como objetivo identificar, preservar y recopilar adecuadamente los indicios relevantes para que puedan ser analizados posteriormente y ayuden al esclarecimiento de los hechos (Guamán, 2023).

Por lo tanto, la inspección ocular técnica es la fuente primaria en una investigación delictiva debido a que aporta una gran cantidad de información de los sucesos, este procedimiento debe realizarse de manera sistemática, siguiendo protocolos y técnicas específicas, donde se reúnen datos de personas, rastros, huellas o cualquier otro elemento que sea de utilidad para descubrir la verdad de un delito y establecer conexiones entre los elementos encontrados en el lugar con los posibles responsables, de este modo contribuyendo a la administración de justicia (Espinoza, 2017).

Por eso el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2021) considera que es importante seguir los pasos para la gestión de la escena del crimen, como la protección, observación, fijación, recolección y traslado de indicios, en manos de personal capacitado para asegurar su pertinencia.

Durante la inspección ocular técnica es importante utilizar herramientas y equipos especializados para facilitar la evaluación, como linternas, luces forenses, cámaras fotográficas, lupas, cintas métricas y otros instrumentos de medición. Sin embargo, la esencia de la Inspección Ocular Técnica (IOT) radica en ser una fase fundamental en la investigación criminal que depende de la observación cuidadosa y detallada por parte del perito, quien debe poseer una formación especializada y experiencia en el campo para interpretar correctamente lo que observa (Guamán, 2023).

2.2 Lugar de los hechos

El Grupo Iberoamericano de Trabajo de la Escena del Crimen (GITEC, 2010) la define como un espacio físico que se debe entender en un contexto más amplio abarcando todas las áreas donde se ha desarrollado alguna actividad relacionada con la investigación del delito, como incendios, accidentes de tránsito, explosiones y homicidios. En definitiva se refiere a todo espacio físico o área donde se ha originado un hecho punible, en el cual los servidores policiales y las Unidades Especializadas (Criminalística) deben intervenir para realizar el trabajo técnico-científico de investigación.

2.3 Escena del crimen

La escena del crimen se refiere al lugar donde se sospecha que se cometió un delito, debido a las características, naturaleza y circunstancias del acontecimiento. Es un espacio físico donde se pueden encontrar indicios que ayuden a los peritos a reconstruir los hechos, identificar a los responsables y determinar las circunstancias en las que ocurrió el delito (Romero & Alonso, 2020).

El término escena del crimen se utiliza para designar el lugar o conjunto de espacios donde se perpetró el delito, abarcando todo el lugar específico de los hechos como el entorno de interés delictivo. Esta denominación suele limitarse a la ubicación física y específica donde ocurrieron los hechos. Una vez se descubre la escena del crimen, es importante protegerla y preservarla para evitar la contaminación de los indicios y garantizar la integridad de la investigación (UNODC, 2009).

2.3.1 Clasificación de la escena del crimen

De acuerdo con Romero y Alonso (2020) dependiendo de la topografía, edificación o ambiente en general del lugar del hecho se clasifican en:

- **Escenas abiertas:** son aquellos espacios sin protección contra los factores ambientales, estos lugares no poseen límites precisos y por lo general pueden encontrarse en los parques, aceras, calles, áreas rurales o bosques. En este tipo de escenarios se debe tener especial cuidado con el deterioro y la contaminación de los elementos materiales probatorios, debido a que los factores ambientales aceleran la destrucción de los Indicios.
- **Escenas cerradas:** son todos los espacios que están rodeados por estructuras que protegen la escena contra los factores ambientales, como el interior de un supermercado, una oficina, de una tienda, casas etc. Estos lugares tienen la ventaja de facilitar el acordonamiento, impide la observación de personas ajenas a la investigación y permite que los indicios o evidencias puedan conservarse adecuadamente.
- **Escenas mixtas o semiabiertas:** son los lugares que combinan características de escenas abiertas y cerradas, por ejemplo en escenas donde el delito se comete en un lugar cerrado, es posible encontrar pistas en los alrededores. Por lo tanto estos escenarios implican un ambiente tanto abierto como cerrado al mismo tiempo.
- **Escenas móviles:** son las que pueden trasladarse de un lugar a otro, como vehículos, aviones, barcos, motos. En las escenas móviles se debe dar tratamiento como si fuera una escena mixta teniendo en cuenta el espacio circundante del lugar.

2.3.2 Buenas prácticas en el manejo adecuado de la escena del crimen

La adecuada gestión de la escena del crimen es fundamental para garantizar una investigación criminal efectiva y confiable. Es importante que el personal responsable de la escena del crimen siga los procedimientos específicos y cumplan con los estándares estrictos para preservar la integridad de los indicios y asegurar la recolección completa de toda la información relevante (Pesantes et al., 2019).

De acuerdo con Martínez et al. (2022) se describe el procedimiento del manejo de la escena del crimen:

a) Protección del lugar: consiste en asegurar el lugar de los hechos, se debe conservar y proteger para que los indicios no sean manipulados. Este proceso se basa en tres reglas fundamentales:

- Llegar rápidamente al lugar de los hechos, desalojar al personal de prensa y a los curiosos estableciendo un cordón de protección.
- Evitar la manipulación de la escena, hasta que haya sido examinada y fijada en el lugar.
- Seleccionar las áreas por donde se caminará para evitar alterar o borrar indicios.

b) Observación del lugar: se encarga de examinar cuidadosamente los elementos relacionados con el lugar del hecho. Esto incluye observar los objetos, indicios o evidencia con lentes de aumento para conocer sus particularidades. Además, se deben utilizar otros sentidos, como el olfato y el oído para seleccionar los indicios relacionados con el hecho, respetando según sea la escena del crimen: abierto, cerrado o mixto.

c) Fijación del lugar: este procedimiento se lo realiza para dejar constancia de las características de la escena del crimen, esta fijación no solo se hace de forma general, sino que se debe seleccionar los indicios y aspectos de interés que se localicen en la escena para fijarlos de manera individual, mediante alguna técnica confiable, entre las tradicionales están la descripción escrita, la fijación fotográfica y planimétrica.

d) Recolección de indicios: en esta etapa de la inspección ocular técnica, el criminalista se encarga de la recolección y embalaje de los objetos, indicios y huellas encontrados en el lugar que sean relevantes para el esclarecimiento de los hechos. El embalaje incluye el correcto etiquetado y cadena de custodia de los indicios. Dependiendo del tipo de indicios se deberá aplicar la técnica de embalaje más adecuada, luego se etiqueta

y se consignan datos de la causa, se coloca la firma correspondiente para mantener la cadena de custodia y suministrar los indicios al laboratorio.

e) Envío de Indicios al Laboratorio: en esta fase, todo el material sensible y significativo recopilado en el lugar de los hechos se envía al laboratorio de criminalística, respetando la cadena de custodia. El laboratorio correspondiente utilizará sus métodos y conocimientos para analizar los indicios y obtener los resultados.

2.3.3 Métodos de fijación

Los métodos de fijación son la aplicación de técnicas que registran la situación y las características generales o particulares del lugar de los hechos. Estas técnicas se complementan entre sí según la extensión, naturaleza y las circunstancias del hecho investigado. Estos métodos de fijación se realizan mediante una descripción escrita, la fijación fotográfica y el croquis de la escena, pero hoy en día como consecuencia de los avances tecnológicos se tiene además de los métodos ya mencionados, la fijación videográfica, la infografía forense o cualquier otro medio técnico que permita la reconstrucción de los hechos (GITEC, 2010).

De acuerdo con Del Cid (2021) menciona que los métodos de fijación son considerados obligatorios, con carácter general y en función de la gravedad del delito.

- **Descripción escrita**

Es el método más confiable para guardar información sobre lo encontrado en el lugar de los hechos, debido a que la memoria humana es engañosa y con el tiempo se puede olvidar o perder información que es de gran importancia. Generalmente, el informe escrito es elaborado por el personal de criminalística durante el procesamiento del lugar de los hechos y de los indicios que son fijados por fotografía y bosquejo de la escena. Este documento debe detallar de forma precisa los instrumentos y equipo utilizados para registrar los hallazgos en el lugar de los hechos (Del Cid, 2021).

- **Fijación fotográfica**

Este método se centra en proporcionar información a través de fotografías, ilustrando de manera clara la situación y ubicación del lugar de los hechos. Frecuentemente, la fijación fotográfica se realiza de una manera ordenada obteniendo diferentes tipos de planos desde lo general hasta el más mínimo detalle. Es uno de los métodos que complementa la descripción escrita y es el más utilizado en delitos graves (GITEC, 2010).

- **Fijación videográfica**

Similar a la fotografía forense, este método de fijación es un complemento de la descripción escrita que permite ilustrar la situación y ubicación del lugar de los hechos, tiene la ventaja de mostrar de manera continua la escena, con la posibilidad de reproducirlo todas las veces que sean necesarias (Olivero, 2018).

- **Fijación planimétrica**

Este método se lo representa mediante bosquejos, medidas, planos o croquis según la distribución del lugar de los hechos, se enfoca principalmente en evidenciar la ubicación de los indicios en la escena del crimen. Es otro de los métodos que complementa la descripción escrita, no solo es obligatorio en todos los casos de delitos como homicidios o robos, sino que también en accidentes de tránsito (Araúz, 2020).

- **Fijación en tres dimensiones: (infografía forense)**

Este método se basa en la captura y representación de la escena mediante imágenes en tres dimensiones, ofreciendo una visión integral de la distribución y situación del lugar de los hechos. Este proceso se realiza a través del uso de escaneo láser o tecnologías similares, capaces de registrar un espacio físico en tres dimensiones, a partir de la obtención de diferentes tomas de la escena (GITEC, 2010).

En definitiva, la inspección ocular técnica es un conjunto de procedimientos técnicos-metodológicos indispensables para la investigación de una escena del crimen. A lo largo de

los años, los avances tecnológicos en diversas ciencias han impulsado a la criminalística para mejorar las técnicas tradicionales utilizadas en este proceso, aportando con nuevas herramientas desde la fotografía digital de alta resolución hasta los escáneres láser 3D. Estas tecnologías simplifican y mejoran las actividades del criminalista de campo para documentar y analizar las escenas del crimen.

2.4 Sensor LiDAR del iPhone

En el ámbito de las ciencias forenses el escaneo 3D y la captura de realidad específicamente en el área de planimetría forense está en aumento a nivel mundial y en Ecuador. En los últimos años, tecnologías como la fotogrametría; que es una técnica utilizada para obtener medidas de fotografías y generas planos, así también como el escaneo láser y otras tecnologías 3D han aumentado su popularidad y se han convertido en herramientas potentes para ayudar en los exámenes forenses (Raneri, 2018).

Anteriormente, estas herramientas requerían de sensores costosos o técnicas de fotogrametría robustas con largos tiempos de procesamiento, además de demandar mucho tiempo y recursos para la capacitación especializada del personal (Callegari et al., 2024). Sin embargo, el desarrollo de escáneres láser portátiles y sensores LiDAR (detección y alcance de luz) en dispositivos de consumo masivo como el iPhone y el iPad de Apple han tenido un impacto significativo en la captura de datos y los flujos de trabajo en 3D.

El Sensor LiDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es un sensor de medición y detección de objetos a través de láser, que utiliza impulsos de luz infrarroja para determinar la distancia entre el sensor y la superficie de un objeto midiendo la cantidad de tiempo que tarda la luz emitida al llegar a la superficie y regresar al sensor, para obtener una nube de puntos georreferenciados y modelos digitales de alta resolución (Kottner et al. 2023).

En el otoño del 2020, Apple introdujo la tecnología LiDAR en sus dispositivos móviles, como el iPhone y el iPad en sus versiones Pro. En la figura 1 se puede observar la ubicación del sensor LiDAR en un iPhone 13 pro. Los sistemas basados en LiDAR envían una luz desde un láser, emitiendo una cuadrícula de 12×12 puntos infrarrojos que se reconfiguran para crear un patrón general más grande denominado como una nube de puntos: que es el conjunto de puntos georreferenciados que puede recrear áreas y estructuras. Estos puntos láser registran el tiempo que tarda un pulso en regresar a un sensor en el dispositivo (Mikalai et al., 2022). Esta información se utiliza para acceder a estos datos LiDAR y crear una nube de puntos 3D basado en el mapa de profundidad y la información fotográfica (Maiese et al., 2022)

Figura 1

Sensor LiDAR en un iPhone 13 pro



Nota: esta imagen muestra la ubicación del sensor LiDAR en un iPhone 13 pro. Tomada de: Apple (2021)

2.4.1 Aplicaciones del sensor LiDAR del iPhone

Aunque solo tienen unos pocos años, según Stevenson y Liscio (2024) existen numerosos estudios que han examinado la aplicación de la tecnología de escaneo LiDAR del iPhone a investigaciones forenses, como la reconstrucción de accidentes, la documentación de la escena del crimen y la documentación de fosas clandestinas. Las mediciones del cuerpo humano, incluida la documentación de la autopsia, realizadas por patólogos forenses

probaron con éxito el escáner LiDAR del iPhone (Maiese et al., 2022). Además, Stevenson y Liscio (2024) utilizaron el sensor LiDAR para determinar el área de origen en el análisis de patrones de manchas de sangre.

De acuerdo con un estudio de Cecchetto y Callegari (2021) que probaron el sensor LiDAR del iPhone en el campo médico legal enfocándose en la balística forense para la caracterización topográfica de lesiones de un arma de fuego dio resultados prometedores tanto en referencia de precisión y exactitud de esta tecnología, que también se ha utilizado ampliamente en el campo de la ingeniería y la construcción, así como en muchas otras disciplinas (Rutkowski & Lipecki, 2023). El uso de teléfonos inteligentes para obtener información espacial no es un concepto nuevo, ya que los teléfonos inteligentes están equipados con sensores comúnmente utilizados para el posicionamiento en interiores, como se demostró en el estudio de Askar y Sternberg (2023) que lo emplearon para la documentación de edificios 3D.

Según Maiese et al. (2022) el uso de un teléfono celular con sensor LiDAR para crear modelos tridimensionales presenta varias ventajas notables, como la facilidad de operación, el hecho de que no se necesitan habilidades especializadas, su accesibilidad y que ofrece una mejor comprensión del jurado durante los juicios. La combinación entre el escáner LiDAR y la cámara del smartphone permite obtener fácilmente imágenes 3D de cualquier objeto, con una definición precisa de su forma y superficie. Varios estudios han demostrado que los modelos 3D podrían ser una herramienta válida en la práctica forense (Callegari et al., 2024).

Debido a que recientemente se han introducido nuevas tecnologías, como la captura LiDAR en los últimos modelos de teléfonos móviles de Apple, que permiten obtener datos LiDAR con equipos menos costosos y engorrosos (Miller et al., 2022). Este LiDAR móvil se puede capturar utilizando muchas aplicaciones diferentes de la App Store que luego se pueden exportar a datos de nubes de puntos, Polycam es una de estas aplicaciones que permite el escaneo y la generación de modelos 3D.

2.5 Aplicación móvil Polycam

Polycam es una de las aplicaciones de escáner 3D desarrollada para IOS (sistema operativo del iPhone), aunque desde abril del 2022 esta aplicación está disponible en dispositivos Android, que le permite a los usuarios tomar fotografías y convertirlas en modelos 3D utilizando la fotogrametría (Hullette et al., 2024). Polycam ofrece versiones gratuitas y pro (por 14,99 \$ /mes o 79, 99 \$ anuales). En los teléfonos iPhone la versión utilizada no limita las capturas LiDAR, brinda distintos formatos de exportación y más espacio para diferentes capturas.

De acuerdo con Askar y Sternberg (2023) los modos de escaneo disponibles son LiDAR, fotografía y habitación. El modo fotografía utiliza la técnica de fotogrametría siendo el adecuado para objetos más pequeños, mientras que el modo habitación genera modelos 3D al instante. Los escaneos capturados se pueden procesar en categorías rápidas, espaciales, de objetos o personalizadas. También, permite realizar mediciones, ampliar o editar el modelo 3D. Los escaneos se pueden exportar como nubes de puntos (DXF, PLY, XYZ, LAS, PTS) o malla (OBJ, FBX, STL, etc.).

Polycam: 3D Scanner & Editor (2024) menciona que ofrece una amplia gama de funcionalidades para la captura y edición 3D, entre ellas está que la aplicación permite transformar fotos en modelos 3D mediante fotogrametría avanzada, es compatible con dispositivo Android con más de 2 GB de RAM. También incluye herramientas de edición para recortar, girar y escalar modelos, así como opciones de exportación en diversos formatos para usuarios Pro. Entre sus características avanzadas se encuentran la generación de planos a escala y capturas ilimitadas, además, facilita la colaboración al permitir compartir modelos 3D mediante enlaces.

De acuerdo con Bertoldi y Silva (2023) Polycam utiliza la cámara del celular, con ayuda de LiDAR, para realizar el levantamiento de ambientes y objetos, permitiendo el uso de cuatro modos de elevación diferentes:

- **Modo LiDAR:** genera un modelo 3D realista con textura, a partir de un “video” circulando por el espacio a escanear.
- **Modo foto:** al igual que el modo 'LiDAR', crea un modelo realista, sin la necesidad de un teléfono móvil con sensor LiDAR. Funciona como fotogrametría, a partir de varias fotografías que se procesan para generar un modelo 3D instantáneo y preciso de cualquier objeto.
- **Modo Room:** genera modelo 3D y planos de planta de espacios interiores utilizando LiDAR, permite exportar planos de planta en formatos compatibles con software popular como AutoCAD, Sketchup y Adobe Illustrator.
- **360°:** genera una imagen de 360 desde un punto estático en el sitio, y su visualización es como si estuviera dentro del entorno 3D,

Para que Polycam pueda generar capturas LiDAR requiere de un dispositivo con este sensor, como el iPhone y el iPad en sus versiones Pro o Pro-Max del 2020 en adelante. El modo 360 funciona en todos los iPhone a partir del 11, mientras que el modo foto funciona tanto en teléfonos Android como en dispositivos iPhone y iPad de 2015 o posteriores.

2.6 Marco legal

Desde la norma legal vigente, podemos establecer como punto de partida la Constitución de la república del Ecuador en su Artículo 194 (2008) donde se establece que:

La Fiscalía General del Estado es un órgano autónomo de la Función Judicial, único e indivisible, funcionará de forma desconcentrada y tendrá autonomía administrativa, económica y financiera. La Fiscal o el Fiscal General es su máxima autoridad y representante legal y actuará con sujeción a los principios constitucionales, derechos y garantías del debido proceso. (p. 70)

La Fiscalía General del Estado (2014) emitió la resolución 073-FGE-2014 mediante el cual se crean los manuales, protocolos, instructivos y formatos del sistema especializado integral de investigación medicina legal y ciencias forenses. Estos documentos establecen el

protocolo que debe seguir el equipo de criminalística para realizar la inspección ocular técnica y garantizar el debido proceso. Tomando en cuenta los principios procesales establecidos en el Código Orgánico Integral Penal [COIP] en su Artículo 5 (2014) tales como la legalidad, inocencia, oralidad, contradicción, concentración, inmediación.

Las herramientas tecnológicas implementadas dentro de la inspección ocular técnica permiten hacer un mejor trabajo al perito criminalista encargado de la escena del crimen. Esto se debe a que pueden llevar a cabo su trabajo con mayor certeza gracias al adecuado manejo de indicios, así como el control de la escena del crimen, logrando identificar a los presuntos autores del hecho, estos equipos e insumos se utilizan para garantizar la obtención de resultados de calidad (Salgado, 2021).

En la actualidad las investigaciones criminales tienen un objetivo definido, que es proporcionar evidencia pericial basada en elementos físicos recolectados en la escena del crimen. Esta función, también conocida como peritaje, se basa por completo en resultados científicos que sean sustentables, evaluables, estandarizados, repetibles y confiables. Por tanto, cuenta con tecnología y métodos científicos indiscutibles (González, 2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y alcance

Este trabajo de investigación presenta un enfoque cuantitativo debido que se recopilaron y analizaron datos numéricos de las medidas proporcionadas por el trabajo conjunto del sensor LiDAR del iPhone 12 Pro y la app Polycam, para comprobar la utilidad de esta herramienta en la fijación planimétrica de una escena del crimen en comparación con métodos tradicionales.

Así mismo el diseño es experimental debido a que se creó una escena del crimen cerrada en un entorno controlado, donde se tomaron las medidas utilizando instrumentos tradicionales y luego se escaneó la escena usando el iPhone 12 pro con la app polycam para comparar los resultados.

El alcance de este estudio es exploratorio porque se pretende ampliar el conocimiento existente y abrir nuevas vías de investigación entre la tecnología móvil y las ciencias forenses. A su vez, el estudio es descriptivo porque busca caracterizar las propiedades de esta herramienta, como la precisión de las medidas en los modelos 3D generados y las condiciones que debe tener la escena para un escaneo óptimo.

3.2 Población y muestra

En este estudio, la población de interés son las escenas del crimen, mientras que la muestra seleccionada es una escena del crimen cerrada que fue creada específicamente para esta investigación. La selección de este tipo de escena cerrada se basó en que la estructura definida de las cuatro paredes proporciona un entorno óptimo para el escaneo, ya que reduce la interferencia de objetos externos, permitiendo un escaneo más completo y facilita las mediciones de referencia.

Dentro de la escena se colocaron diferentes tipos de indicios distribuidos a distancias específicas en relación con los puntos fijos de referencia, esto permitió establecer la precisión

de las mediciones tomadas con el iPhone 12 Pro y la app Polycam en comparación con las medidas reales.

3.3 Materiales e instrumentos

Para realizar la parte experimental de esta investigación se utilizaron materiales e instrumentos que permitieron la interacción del investigador con el entorno de estudio, los cuales se detallan a continuación:

Materiales para la escena:

1. Espacio cerrado: Una habitación de aproximadamente 6 x 4 m con paredes lisas, una ventana grande en forma horizontal
2. Maniquí de cuerpo completo, femenino, 1.72 m de altura
3. Indicios:
 - Pistola de juguete realista
 - Vainas percutidas (x2)

Instrumentos:

1. Cinta métrica: de acero de 7.5 m
2. Distanciómetro: marca Bosch, modelo profesional GLM 30
3. Teléfono con sensor LiDAR: iPhone 12 Pro
4. Software: Aplicación Polycam (versión 3.5.1)

El iPhone 12 Pro lanzado en noviembre de 2020, está equipado con un sensor LiDAR que junto con aplicaciones es capaz de medir distancias y crear modelos 3D. Otros modelos compatibles incluyen todos los iPhone Pro y Pro Max a partir de iPhone 12.

La aplicación Polycam desarrollada específicamente para usar con el sensor LiDAR, permite a los usuarios crear modelos 3D de alta calidad de espacios y objetos con facilidad.

Opera con un formato de usuario simple que no requiere ajustes de configuración antes de su uso.

Utilizando estos materiales e instrumentos, la escena del crimen simulada fue fijada tanto con instrumentos convencionales (cinta métrica y distanciómetro) así como con instrumentos tecnológicos (iPhone 12 Pro y la app Polycam) permitiendo una comparación directa entre el registro planimétrico convencional y el registro 3D.

3.4 Métodos empleados

Para esta investigación se utilizó un método mixto que consiste en la observación y adquisición de datos empíricos que se obtuvieron al realizar el experimento para ser tabulados a través de métodos estadísticos. Con el fin de cumplir los objetivos planteados y establecer los usos de la aplicación móvil Polycam analizando sus posibles ventajas y desventajas, se realizaron pruebas prácticas mediante la experimentación, utilizando los diferentes modos que ofrece la app para fijar una escena.

En primer lugar, se realizó una inspección visual detallada del modelo 3D generado por Polycam, con el fin de identificar posibles errores o inconsistencias en la representación de la escena, asimismo, se verificó la precisión en la captura de los detalles con respecto a la escena real. La información obtenida se registró en un cuadro que detalla las ventajas y desventajas de la app Polycam en el contexto forense, respaldado por los datos empíricos y observaciones prácticas.

Posteriormente, con el propósito de comprobar la utilidad de la app Polycam, se realizó un análisis comparativo entre las medidas del modelo 3D y las distancias reales tomadas en la simulación de la escena del crimen cerrada. Para ello, se seleccionaron varios puntos de referencia dentro de la escena, como la longitud de extremo a extremo de cada una de las paredes, que sirvieron como puntos fijos de referencia para la ubicación de los indicios utilizando el método por coordenadas rectangulares que se apoya en los ejes (x, y).

Estas medidas se tomaron manualmente utilizando instrumentos de medición convencionales, como una cinta métrica y un distanciómetro. A continuación, las medidas obtenidas se compararon con las dimensiones extraídas del modelo 3D generado por la app Polycam en sus dos modos. Una con las medidas del plano de planta y la otra con la herramienta de medición integradas en el software.

Con el fin de cuantificar la precisión del modelo 3D, se calcularon las diferencias entre las medidas reales y las medidas obtenidas del modelo dado por la app, expresadas en unidades de longitud (centímetros), estos valores se registraron en hojas de cálculo y se colocaron en tablas para facilitar su posterior análisis. Además, se emplearon técnicas de estadística descriptiva, como la desviación estándar, error mínimo, error máximo, error medio y se usó el modelo de regresión calculando el error absoluto medio (MAE), para comprobar la precisión general del modelo 3D generado por la app Polycam en comparación con las medidas reales de la escena del crimen cerrada.

Después, con el propósito de caracterizar las condiciones óptimas de la escena del crimen para el uso efectivo de la app Polycam y el sensor LiDAR del iPhone 12 pro, se empleó un método de análisis con los datos recolectados de las pruebas realizadas en la escena del crimen cerrada. Este proceso involucró organizar los datos en una matriz que incluya las condiciones de la escena, los modos de uso de la app polycam y los resultados de cada prueba.

A continuación, se analiza los resultados para identificar los patrones entre las condiciones de la escena y la utilidad de la app polycam en la fijación, de esta manera se determinó qué factores contribuyen para obtener mejores resultados y cuales presentan limitaciones, explicando cómo estas condiciones influyen en la calidad de los escaneos 3D. Esta descripción incluye tablas que resumen los datos, para respaldar las conclusiones de manera clara y visual.

CAPÍTULO IV

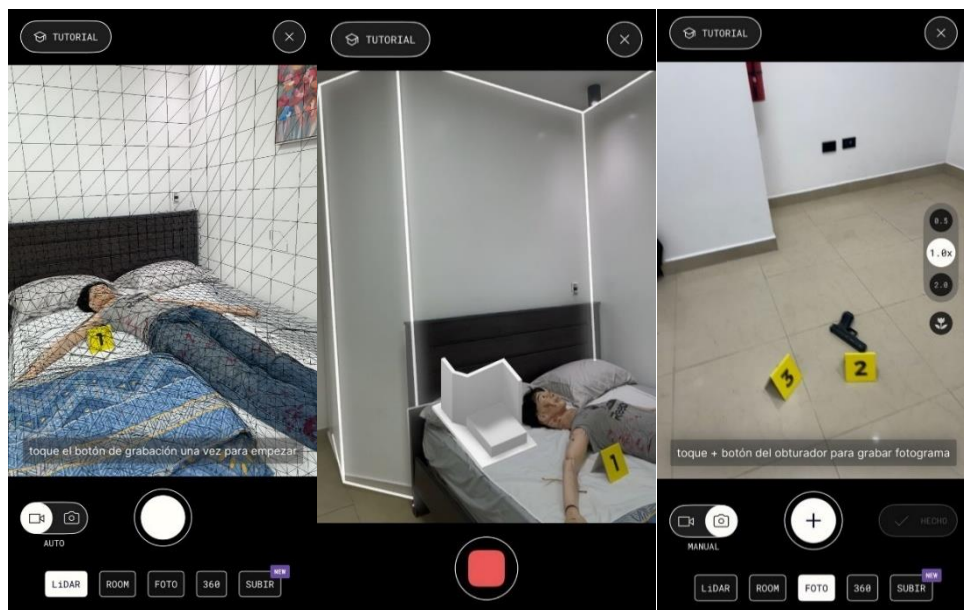
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Diseño y estructura del experimento

Para la elaboración del experimento correspondiente a este estudio, el día 26 de junio del 2024 se procedió a simular una escena del crimen cerrada ubicada en el laboratorio de criminalística de la Universidad Tecnológica ECOTEC. Para fijar la escena se realizó de manera simultánea la fijación con los métodos convencionales y también el escaneo LiDAR del iPhone 12 pro con el software Polycam (versión 3.5.1) utilizando los diferentes modos que ofrece la app. Para empezar con el procedimiento primero se abre la app, donde por defecto se abre la cámara principal del teléfono.

Figura 2

Opciones de escaneo en Polycam



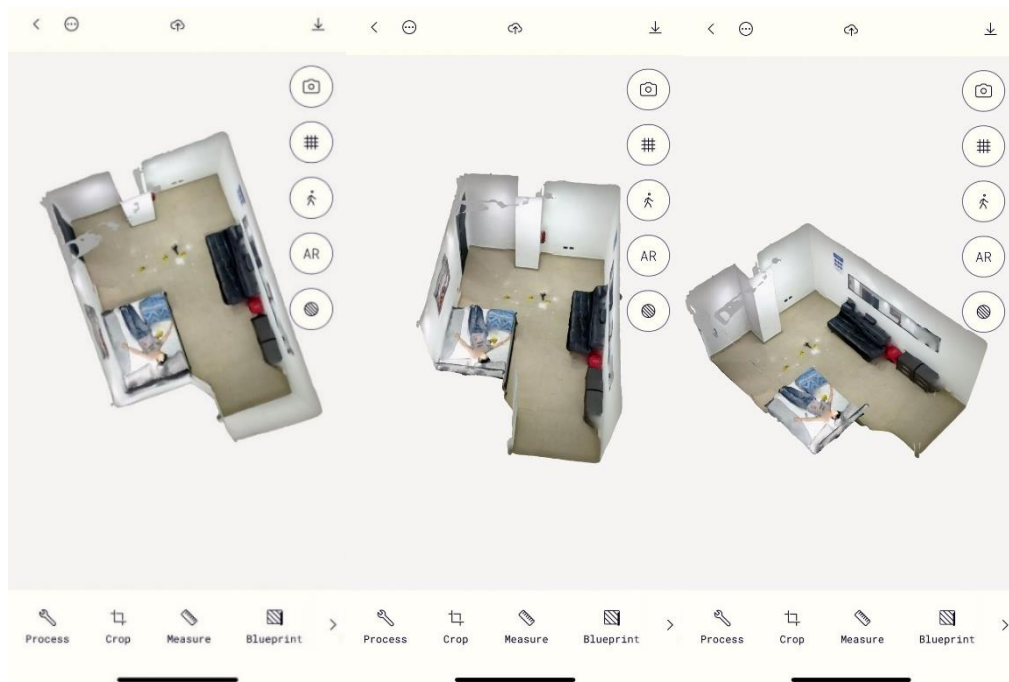
Nota: Los modos de escaneo son LiDAR, Room, Foto y 360. Elaborado por: Correa y Figueroa

Se presiona la opción izquierda inferior donde dice “LIDAR”, para empezar con el levantamiento se sostiene el dispositivo y comienza a moverse lentamente alrededor de la escena, manteniendo el celular apuntando hacia las áreas de interés. Asegurándose de una cobertura completa de la escena, incluyendo paredes, piso y techo.

Durante el escaneo, se presta atención a la retroalimentación visual en la pantalla que se van a mostrar como áreas de color azul para garantizar que todo el espacio se capturen adecuadamente. Después de haber escaneado el lugar, se presiona el botón rojo del centro para detener y se espera a que termine de subir y procesar. Después de esperar aproximadamente 3 min la app va a mostrar los resultados que se ven por defecto en una vista en 3D.

Figura 3

Resultado de escaneo con modo LIDAR

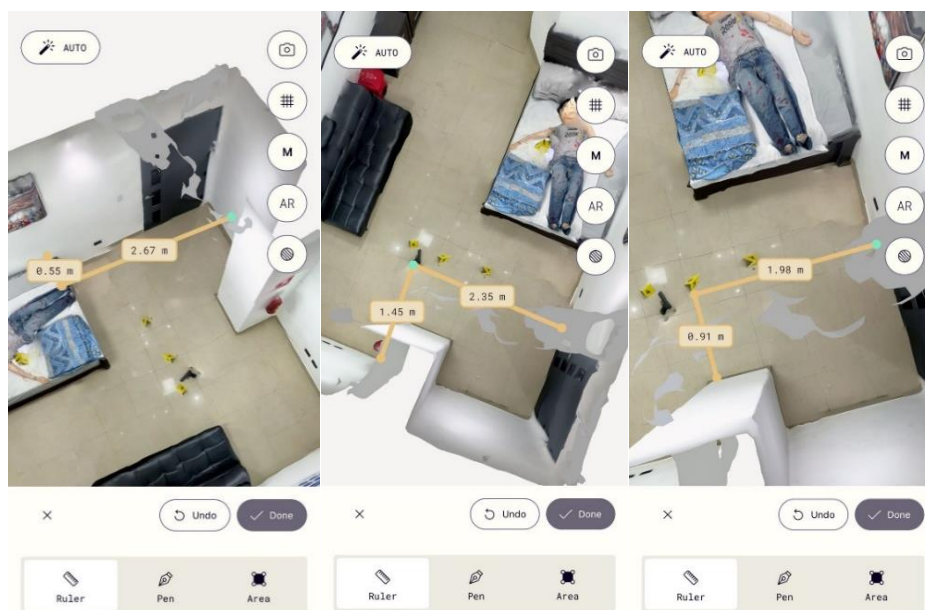


Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Dentro de este escaneo da la opción de “measure” (medir) en donde se va a observar cuántos centímetros hay entre un punto a otro, esta opción se utilizó para tomar las medidas de los diferentes indicios que se colocaron en la escena, entre ellos primero está el cuerpo, un arma de plástico y dos vainas percutidas. Estas medidas se observan en las figuras 4 y 5.

Figura 4

Distancia de los dos puntos de referencia utilizados para fijar los indicios

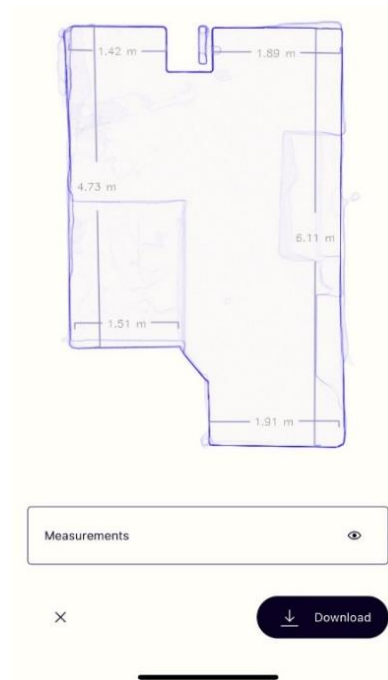


Nota: En la imagen se puede observar las medidas que se tomaron para cada uno de los indicios. Elaborado por Correa y Figueroa

Además, dentro del modo LIDAR, si se presiona la opción “blueprint” va a mostrar un plano de la escena con las medidas así como se observa en la figura 6. Sin embargo, al observar el plano se pudo identificar que no tomó las medidas de la columna que están en la parte superior y tampoco de los bordes de la parte inferior del plano.

Figura 6

Plano con las medidas de la escena que da el modo LIDAR

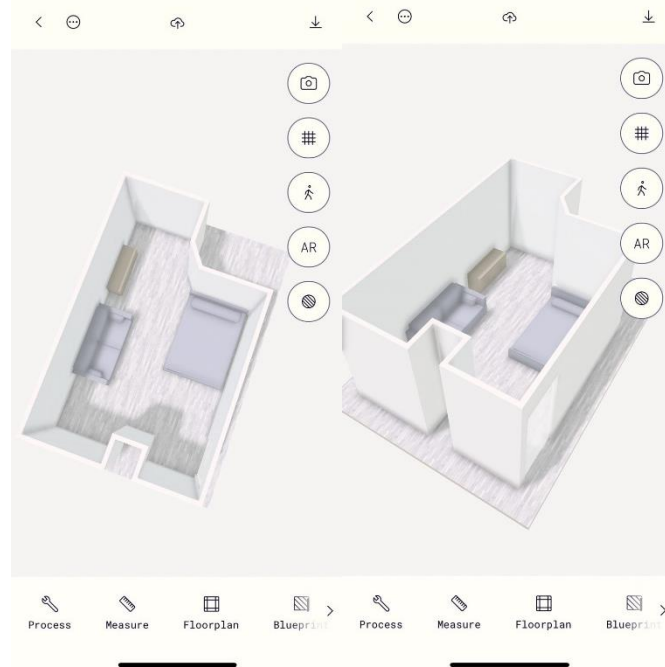


Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Continuando con el uso de otro modo que la app polycam ofrece, se presiona la opción "ROOM". En este modo, se enfoca en capturar la disposición general de la habitación. Se comienza en una esquina y se mueve metódicamente, asegurándose de que las paredes, puertas y ventanas se registren correctamente, prestando especial atención a los ángulos y las intersecciones para obtener una representación precisa de la geometría de la habitación. Después de escanear el lugar se presiona el botón rojo del centro para detener y se espera a que termine de subir y procesar. Luego de aproximadamente 2 min el resultado que muestra este modo es un modelo 3D.

Figura 7

Resultado del escaneo con modo ROOM



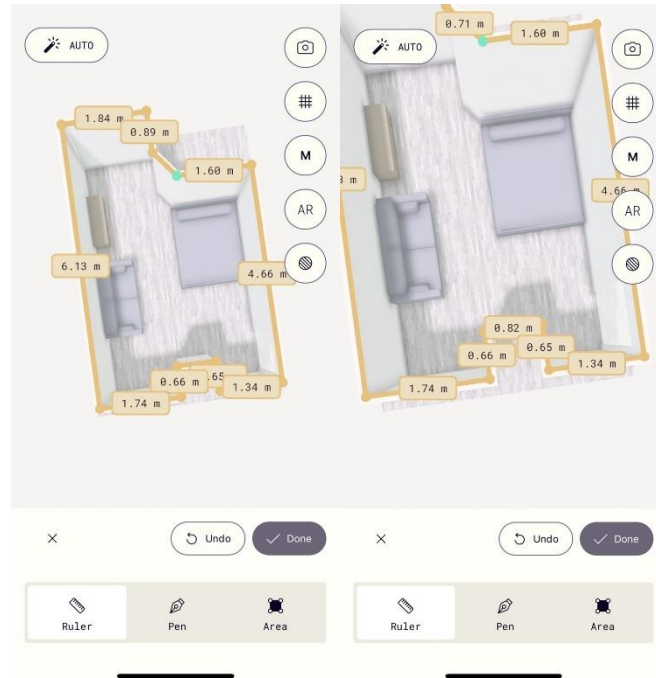
Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Durante el experimento se pudo observar que este modo tiene dificultades con superficies reflectantes o transparentes, debido a que dentro de la escena había una ventana tipo espejo en la pared más larga del lado izquierdo, que al realizar el escaneo lo tomó como una pared completa como se muestra en la figura 7.

Además, otra opción que brinda el modo ROOM es tomar las medidas de un punto a otro presionando el botón “measure”, las cuales sirvieron para obtener las medidas de la escena y que se muestran a continuación:

Figura 8

Medidas del modelo 3D tomadas manualmente



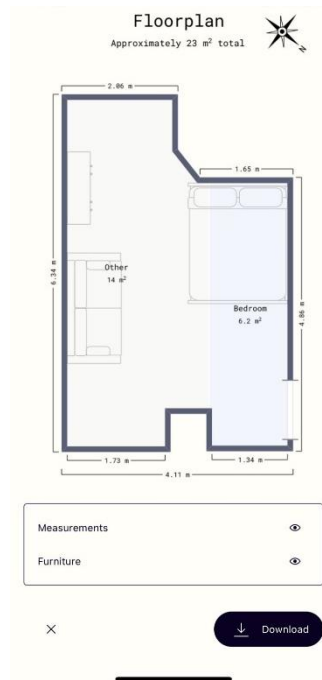
Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Así también otra opción que tiene el modo ROOM es “FLOORPLAN” el cual es un plano de planta de la escena con sus respectivas medidas, sin embargo para obtener esta opción se debe pagar la versión PRO de la app, el cual tiene un valor de (14,99 mensuales), en esta investigación se utilizó la opción de prueba gratuita por 7 días y de esta manera se obtuvo el plano de planta de la escena.

Al presionar la opción “FLOORPLAN” la app va a mostrar el plano incluyendo las medidas y colocando la ubicación del norte. En la figura 9 se puede observar como el plano de planta no toma en cuenta las medidas de la columna en la parte inferior y tampoco los bordes de las otras dos paredes en la parte superior.

Figura 9

Plano de planta que entrega el modo ROOM



Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Además, también se utilizó el modo Foto que sirve para capturar detalles específicos de la escena tomando fotografías de las áreas de interés, como el lugar donde estaban colocados los indicios y también el cuerpo. Para esto se debe asegurar de que la iluminación sea adecuada manteniendo el dispositivo estable para obtener imágenes nítidas, luego se presiona la opción “foto” y se toma múltiples fotografías desde diferentes ángulos para cada área de interés.

En la versión gratuita se encuentra la opción de hacer cien (100) fotos, mientras que en la versión Pro de prueba gratis que se utilizó para esta investigación se puede tomar hasta dos mil (2000) fotos. Los lugares que se ven irregulares como se muestra en la figura 10 se deben a que no se tomó el espacio circundante sino que solo se fotografió el cuerpo, para que la app entregue este modelo del cuerpo se tomaron cerca de 150 fotos.

Figura 10

Imagen del cuerpo tomado con modo FOTO

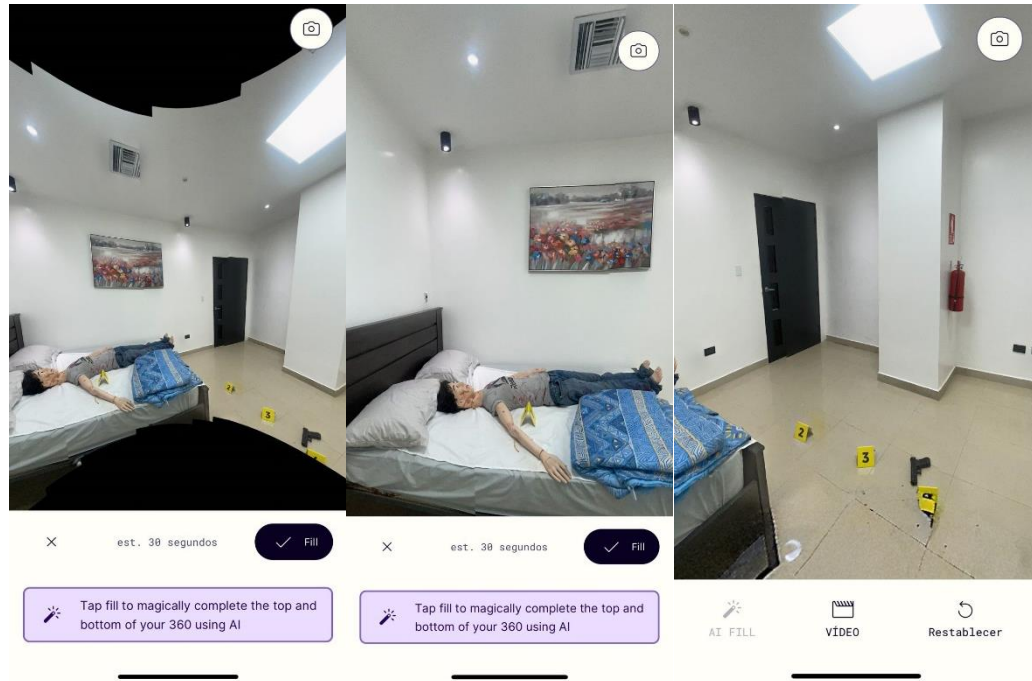


Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Para utilizar el siguiente modo, se presiona la opción “360” y se coloca el dispositivo en el centro de la habitación o en puntos estratégicos para capturar la imagen panorámica. Para la investigación se colocó en la mitad de la habitación y la misma app indica la posición en la que se debe colocar el teléfono móvil y el tiempo que se debe de esperar para que haga la captura, representado por un círculo que se va cargando, para esto se debe girar lentamente en su lugar, permitiendo que la aplicación capture una vista completa de la escena desde ese punto. A continuación se muestra la figura 11 con la captura que se obtuvo utilizando este modo.

Figura 11

Resultado del escaneo en modo 360



Nota: Elaborado por Correa y Figueroa

Como se puede observar en la figura 11 la imagen de izquierda no toma la escena de forma completa solo lo hace horizontalmente. En este modo, se utilizó la opción "Fill" para completar la parte de arriba y abajo con inteligencia artificial (IA), el resultado se puede observar en la tercera imagen de la misma figura.

Una vez puesto a prueba los distintos modos de la app Polycam en la escena anterior descrita se pudo apreciar las ventajas y desventajas que ofrece, además el margen de error permitió comprobar la utilidad de la app Polycam junto con la caracterizaron de las condiciones óptimas de la escena para su uso. Estos resultados se presentarán en las siguientes tablas:

Tabla 1

Ventajas y desventajas de los usos de la app polycam en el campo forense

MODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
LIDAR	<p>Documenta la relación espacial entre objetos</p> <p>Funciona en condiciones de poca luz</p> <p>Permite hacer mediciones post captura</p>	<p>Dificultad con superficies reflectantes o transparentes</p> <p>Limitada a dispositivos con sensor LiDAR</p> <p>Posible pérdida de detalles</p>
ROOM	<p>Reconstrucción completa de espacios interiores</p> <p>Permite visualización 3D interactiva</p> <p>Proporciona una vista general de la disposición de la escena</p> <p>Permite hacer mediciones post captura</p> <p>Entrega planos de planta</p> <p>La app brinda la ubicación fecha y la hora exacta en la que se realizó el escaneo</p>	<p>Dificultad con superficies reflectantes o transparentes</p> <p>Posible pérdida de precisión en la reconstrucción de bordes o esquinas</p> <p>Para obtener el plano de planta se debe pagar la versión pro de la app</p> <p>Posible pérdida de medidas en los planos de planta de columnas o bordes</p> <p>Dificultad para capturar objetos pequeños</p>
FOTO	<p>Funciona en dispositivos sin sensor LiDAR</p> <p>Proporciona modelo 3D de objetos pequeños a detalle</p> <p>Permite hacer mediciones post captura</p>	<p>Depende de la calidad de la cámara del dispositivo</p> <p>Requiere más tiempo para capturar escenas grandes</p> <p>Pérdida de escala sin objetos de referencia</p>
360	<p>Captura la escena en una sola toma</p> <p>Proporciona la orientación espacial de la escena</p>	<p>Posible distorsión en los bordes de la imagen</p> <p>No captura la parte superior o inferior</p>

Nota: esta tabla muestra las ventajas y desventajas de la app Polycam. Elaborado por: Correa y Figueroa

Interpretación de resultados

La app Polycam demostró versatilidad a través de sus cuatro modos (LiDAR, Room, Foto y 360) cada uno con capacidades específicas que pueden ser útiles en diferentes aspectos de fijación de la escena. El modo LiDAR se destaca por su capacidad para documentar la relación espacial entre objetos y funcionar en condiciones de poca luz, además permite realizar mediciones post captura. Sin embargo, su limitación a dispositivos con sensor LiDAR y las dificultades con superficies reflectantes o transparentes pueden restringir su aplicación.

En cuanto al modo ROOM ofrece una reconstrucción completa de espacios interiores y visualización 3D interactiva, proporcionando una comprensión integral de la disposición de la escena. La generación de planos de planta y el registro automático de ubicación, fecha y hora del escaneo son características importantes para la documentación de la escena. No obstante, la posible pérdida de medidas de borde o columnas en los planos de planta y la dificultad para capturar objetos pequeños pueden limitar su uso en situaciones que requieren un alto nivel de detalle.

Una ventaja del modo FOTO es que funciona en dispositivos sin sensor LiDAR, ofreciendo mayor accesibilidad y es particularmente útil para la captura detallada de objetos pequeños. Sin embargo, su dependencia a la calidad de la cámara del dispositivo y el mayor tiempo requerido para escenas grandes pueden afectar su capacidad.

Con respecto al modo 360 proporciona una captura de la escena en una sola toma, ofreciendo una orientación espacial, aunque la distorsión en los bordes y la falta de captura de las zonas superiores e inferiores podrían omitir detalles. En el contexto forense, estas características sugieren que Polycam puede ser una herramienta versátil, pero es importante reconocer las limitaciones de cada modo los cuales se pueden utilizar en conjunto con métodos tradicionales de documentación.

Como se puede observar en la tabla 2 los modos que se utilizaron para obtener las medidas de la escena fue el modo LiDAR, ROOM y el FLOORPLAN que es una opción que brinda el modo room, para esto se calculó el error absoluto medio (MAE) entre la distancia real y las medidas obtenidas de la app, así también se calculó el error mínimo, error máximo, error medio y desviación estándar que permitieron comprobar la utilidad de la app Polycam.

Tabla 2

Margen de error de las medidas de la escena cerrada obtenidas con la app polycam

MODOS								
FLOORPLAN			LiDAR			ROOM		
Polycam	Distancia real	MAE	Polycam	Distancia real	MAE	Polycam	Distancia real	MAE
6,34	6,16	0,18	6,11	6,16	0,05	6,13	6,16	0,03
1,73	1,85	0,12	1,89	1,85	0,04	1,74	1,85	0,11
1,34	1,46	0,12	1,42	1,46	0,04	1,34	1,46	0,12
4,86	4,74	0,12	4,73	4,74	0,01	4,66	4,74	0,08
1,65	1,61	0,04	1,51	1,61	0,10	1,60	1,61	0,01
2,06	1,96	0,10	1,91	1,96	0,05	1,84	1,96	0,12

MODOS	Min (cm)	Max (cm)	Error medio (cm)	Desviación estándar
FLOORPLAN	0,04	0,18	0,1133	0,0450
LiDAR	0,01	0,10	0,0483	0,0293
ROOM	0,01	0,12	0,0783	0,0479

Nota: Esta tabla muestra el margen de error de las medidas obtenidas con la app Polycam en el modo floorplan, LiDAR y room. Elaborado por: Correa y Figueroa

Interpretación de resultados

En el análisis de la utilidad de la aplicación móvil Polycam para la fijación de escenas de crimen cerradas, se tomaron tres modos diferentes: FLOORPLAN, LiDAR y MODO

ROOM. Los resultados indican que el modo LiDAR presenta la mayor precisión y consistencia, con un error medio de 0,04833 y una desviación estándar de 0,02927. El modo FLOORPLAN mostró la menor precisión general, con un error medio de 0,11333 y una desviación estándar de 0,04502, mientras que el MODO ROOM se situó entre ambos en términos de error medio (0,07833), pero con la mayor variabilidad en las mediciones (desviación estándar de 0,04792). El rango de error más estrecho corresponde al modo LiDAR (0,01 - 0,10), seguido por el MODO ROOM (0,01 - 0,12) y el FLOORPLAN (0,04 - 0,18).

Estas diferencias en precisión y consistencia sugieren que el modo LiDAR de Polycam es el más adecuado para la fijación de escenas del crimen, proporcionando medidas aceptables con un error medio inferior a 5 cm. El MODO ROOM podría ser otra alternativa aceptable, especialmente cuando el LiDAR no esté disponible, mientras que el modo FLOORPLAN, aunque menos preciso, podría ser útil para obtener una visión general rápida de la escena. Es importante considerar que, incluso en el mejor de los casos, existe un margen de error, por lo que en situaciones que requieran una mayor precisión, podría ser necesario complementar estas mediciones con métodos tradicionales más exactos.

Como se aprecia en la tabla 3 se utilizó el modo LiDAR de la app Polycam para fijar los indicios en la escena, se tomaron las medidas con el método de coordenadas rectangulares el cual se apoya en los ejes (x, y). Para el primer indicio que es el cuerpo se tomaron dos medidas de referencia una de la cabeza y la otra de los pies, en cada eje de los indicios se calculó el error absoluto medio (MAE) entre la distancia real y las medidas obtenidas de la app, así también se calculó el error mínimo, error máximo, error medio y desviación estándar que permitieron comprobar la utilidad de la app Polycam.

Tabla 3

Margen de error de las medidas entre los indicios y puntos de referencia obtenidos con la app polycam

INDICIOS	Distancia real		Polycam		MAE	
	x	y	x	y	Dx	Dy
1-a	0,54	1,06	0,65	1,04	0,11	0,02
1-b	2,66	0,55	2,67	0,55	0,01	0
2	1,44	2,20	1,45	2,35	0,01	0,15
3	0,90	1,92	0,91	1,98	0,01	0,06
4	1,67	1,32	1,67	1,33	0	0,01

Coordenadas	Min (cm)	Max (cm)	Error medio (cm)	Desviación estándar
X	0	0,11	0,028	0,0460
Y	0	0,15	0,048	0,0614

Nota: Esta tabla muestra el margen de error de las medidas obtenidas con la app Polycam en los ejes x, y. Elaborado por: Correa y Figueroa

Interpretación de resultados

Para comprobar la utilidad de la aplicación móvil Polycam en la fijación de los indicios en una escena del crimen cerrada utilizando el método de coordenadas rectangulares, revela resultados prometedores. Las mediciones horizontales entre los indicios y dos paredes de referencia muestran una precisión generalmente alta en ambas direcciones. En el eje X, se observó un rango de error entre 0 y 0,11 metros, con un error medio de 0,028 metros y una desviación estándar de 0,0460 metros. Para el eje Y, el rango de error osciló entre 0 y 0,15 metros, con un error medio de 0,048 metros y una desviación estándar de 0,0614 metros.

Estos datos indican una precisión importante con errores medios por debajo de los 5 centímetros en ambas direcciones. La comparación entre los ejes X e Y revela diferencias

sutiles pero importantes. Las mediciones en el eje X demostraron ser ligeramente más precisas y consistentes, con un error medio y una desviación estándar menor que en el eje Y. Aunque ambos ejes presentaron mediciones perfectas (error mínimo de 0 m), el error máximo en Y (0,15 m) fue mayor que en X (0,11 m), sugiriendo una ligera ventaja de las mediciones hacia la primera pared de referencia. Estos datos demuestran el potencial de la app Polycam en la fijación de escenas del crimen cerradas.

Tal como se muestra en la tabla 4 al poner a prueba esta app se pudo identificar algunos factores que influyen en la calidad de los escaneos, de esta forma se caracterizaron las condiciones óptimas que debe tener la escena para el uso de los diferentes modos de la app Polycam

Tabla 4

Caracterización de las condiciones óptimas de la escena para el uso efectivo de la app Polycam

CONDICIONES	MODO LIDAR	MODO ROOM	MODO FOTO	MODO 360
Iluminación	Moderada	Uniforme, evitar grandes sombras	Buena	Uniforme en todas las direcciones
Superficies y estructuras	Evitar las reflectantes o transparentes	Evitar las reflectantes o transparentes Bordes y esquinas bien definidos.	Texturas variadas	Sin obstáculos cercanos
Distancia	Rango adecuado	Espacio para mover el dispositivo	Variada para ver detalles y el contexto	Suficiente entre paredes y objetos para evitar distorsión
Objetos	Estáticos	Estáticos con texturas variadas	De referencia para escala	Estáticos
Espacio	Despejado para movimiento	Acceso a toda la habitación	Ángulo de visión despejado	En la parte central debe estar despejado

Movimiento	Lento, y circular cubriendo diferentes ángulos	Recorrido completo, giros suaves en las esquinas	Captura en múltiples ángulos	Rotación estable desde el centro
------------	--	--	------------------------------	----------------------------------

Nota: esta tabla muestra la caracterización de las condiciones que debe tener la escena para el escaneo. Elaborado por: Correa y Figueroa

Interpretación de resultados

La tabla muestra las condiciones óptimas para la captura de datos en una escena del crimen utilizando diferentes modos en los que se especifican los requisitos de iluminación, superficies, distancia, objetos, espacio y movimiento, destacando la importancia de ajustar cada condición al modo específico para obtener los mejores resultados.

El modo LiDAR es ideal para capturar una representación de la escena y realizar mediciones, es fundamental evitar superficies reflectantes o transparentes que puedan distorsionar las mediciones. La iluminación moderada ayuda a evitar errores de escaneo y el espacio debe estar despejado para permitir el movimiento lento y circular del dispositivo, cubriendo diferentes ángulos para una reconstrucción completa de la escena.

El modo Room requiere un ambiente con iluminación uniforme, evitando grandes sombras que puedan ocultar detalles, también debe evitar superficies reflectantes o transparentes y asegurar que bordes y esquinas estén bien definidos para una captura detallada. El espacio debe ser suficiente para mover el dispositivo sin obstáculos, permitiendo un escaneo completo de la habitación. Los objetos deben ser estáticos y tener texturas variadas para mejorar la precisión del escaneo. El recorrido debe ser completo, con giros suaves en las esquinas para asegurar la cobertura total de la habitación.

El modo Foto documenta la escena capturando tanto detalles específicos como el contexto general, se requiere buena iluminación y superficies con texturas variadas para obtener una representación precisa de diferentes materiales y superficies. La captura debe

realizarse desde múltiples ángulos para asegurar que todos los detalles sean registrados. Los objetos de referencia son importantes para proporcionar escala y contexto, y el ángulo de visión debe estar despejado para incluir todos los elementos relevantes de la escena.

El modo 360 ofrece una vista completa de la escena, asegurando que todas las direcciones estén bien iluminadas y que no haya obstáculos cercanos que puedan interferir con la captura. La iluminación uniforme en todas las direcciones es importante para evitar áreas oscuras en la imagen. Debe haber suficiente espacio entre paredes y objetos para evitar distorsiones, es necesario que los objetos se encuentren estáticos para mantener la precisión de la escena completa y la rotación del dispositivo tiene que ser estable desde el centro para asegurar una captura precisa y sin distorsiones.

Este análisis es importante para asegurar la precisión de los datos obtenidos en una escena del crimen. La correcta configuración del entorno para cada modo de captura permite obtener una representación detallada de la escena, facilitando su posterior análisis y reconstrucción, esto es fundamental en el contexto forense donde cada detalle puede ser crítico para la investigación. Ajustar las condiciones de captura según las especificaciones de cada modo ayuda a reducir los errores y obtener una mayor fidelidad de la documentación de la escena del crimen.

Conclusiones

- La app móvil Polycam demuestra ser una herramienta innovadora y versátil en el campo forense, ofreciendo cuatro modos distintos de captura (LiDAR, Room, Foto y 360) que se adaptan a diversas necesidades en la fijación de escenas del crimen cerrada. Cada modo presenta ventajas específicas: LiDAR destaca en la documentación espacial; Room ofrece reconstrucciones 3D integrales y planos de planta; el modo foto permite la captura detallada de objetos pequeños en dispositivos sin LiDAR; y 360 proporciona una visión panorámica rápida de la escena. Sin embargo, es importante reconocer que cada modo presenta limitaciones como distorsiones en el modo 360 y LiDAR, que sugieren utilizar la app Polycam como una herramienta complementaria y no como un reemplazo de los métodos tradicionales en la fijación de la escena.
- La utilidad de la app polycam para la fijación de la escena del crimen cerrada revela una precisión considerable, aunque con variaciones importantes en sus modos. El modo LiDAR se destaca como el más preciso y consistente, con un error medio inferior a 5 centímetros, que lo posiciona como una herramienta valiosa para la fijación, los modos ROOM y FLOORPLAN, aunque menos precisos, ofrecen alternativas en situaciones específicas. Para la fijación de indicios demuestra una precisión notable, con errores medios por debajo de los 5 centímetros en ambos ejes (X, Y) y también con mediciones sin error. Sin embargo, es importante reconocer que existe un margen de error que debe considerarse en el contexto forense. Por lo tanto, la app Polycam es una herramienta con una precisión aceptable para la fijación de escenas del crimen cerradas, capaz de proporcionar mediciones confiables en condiciones óptimas
- Con base en el estudio de la información y los datos recopilados previamente, se determina que la identificación de las condiciones ideales de la escena es importante para el uso efectivo de la tecnología LiDAR y la app móvil Polycam en la fijación planimétrica de una escena del crimen cerrada. Las condiciones óptimas incluyen una

iluminación uniforme y moderada, evitando superficies reflectantes o transparentes que puedan causar distorsiones. Además, es imprescindible que el espacio esté despejado para permitir un movimiento adecuado del dispositivo, y que los objetos dentro de la escena sean estáticos y con texturas variadas para mejorar la precisión del escaneo. El correcto posicionamiento y la rotación estable del dispositivo son fundamentales para obtener una captura completa y detallada de la escena. Al seguir estas recomendaciones, se maximiza la precisión y fidelidad de los datos capturados, facilitando su posterior análisis y reconstrucción.

Recomendaciones

- Con el fin de facilitar el uso de la app Polycam y obtener una mayor precisión en la fijación de escenas del crimen cerradas, se recomienda el uso de dispositivos estabilizadores, que emplean tecnología avanzada para mantener el dispositivo móvil nivelado independientemente del movimiento del usuario y podrían potencialmente reducir el margen de error en las medidas capturadas.
- Establecer protocolos específicos que garanticen las condiciones óptimas para la utilización de la tecnología LiDAR y la app Polycam en la fijación planimétrica de escenas del crimen. Estos protocolos deben incluir directrices detalladas sobre la iluminación adecuada, evitando superficies que puedan causar reflejos o transparencias. Además, se debe asegurar que el espacio esté libre de obstáculos y que los objetos sean estáticos y bien definidos.; enfatizando la importancia del movimiento lento y circular del dispositivo para cubrir todos los ángulos de la escena, así como la rotación estable desde el centro en el caso de capturas en modo 360
- Se recomienda realizar un estudio comparativo de la app Polycam con otras similares disponibles en el mercado. Esta investigación debería analizar las capacidades de cada aplicación en entornos que simulen diversas escenas del crimen, con el objetivo de identificar las fortalezas y limitaciones de Polycam en comparación con otras opciones tecnológicas disponibles para el escaneo 3D móvil.

Referencias bibliográficas

- Amaya, H., & Cortés, Y. (2011). *Administración de la información: un reto de la investigación criminal del siglo XXI*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-31082011000200008
- Apple. (2021). *iPhone 13 Pro and iPhone 13 Pro Max*. Apple (Belarus).
<https://www.apple.com/by/iphone-13-pro/>
- Araúz, D. (2020). *Planimetría Forense y su eficacia para fijar indicios, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Chiriquí*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9144237>
- Askar, C., & Sternberg, H. (2023). Use of Smartphone Lidar Technology for Low-Cost 3D Building Documentation with iPhone 13 Pro: A Comparative Analysis of Mobile Scanning Applications. *Geomatics*, 3(4), 563-579.
<https://doi.org/10.3390/geomatics3040030>
- Benecke, M. (2010). *Criminalistics: An Introduction to Forensic Science*. (10th ed.). Prentice Hall.
- Bertoldi, N., & Silva, A. (2023). *Lidar no Iphone 13 Pro para levantamento arquitetônico*. [Universidade Federal de Pelotas].
<https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/11717/LiDAR%20NO%20IPHONE%2013%20PRO%20PARA%20LEVANTAMENTO%20ARQUITET%C3%94NICO..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Callegari, E., Agnolucci, J., Angiola, F., Fais, P., Giorgetti, A., Giraudo, C., Viel, G., & Cecchetto, G. (2024). The Precision, Inter-Rater Reliability, and Accuracy of a Handheld Scanner Equipped with a Light Detection and Ranging Sensor in Measuring Parts of the Body—A Preliminary Validation Study. *Sensors*, 24(2), 500.
<https://doi.org/10.3390/s24020500>

Cecchetto, G., & Callegari, E. (2021). *Validazione di hand-held scanner nello studio antropometrico-forense di lesioni d'arma da fuoco*.
<https://thesis.unipd.it/handle/20.500.12608/31013>

Código Orgánico Integral Penal (COIP) Art. 5. 10 de febrero del 2014 (Ecuador)

Constitución de la República del Ecuador Art. 194. 20 de octubre del 2008 (Ecuador)

Del Cid, K. (2021). *Fotografía Forense y su Aplicabilidad para Fijar el Lugar de los Hechos en Homicidios*, David.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/Del_Cid_R_os_Kimberly_Liss_eth_475.pdf

Espinoza, C. (2017). La importancia de la inspección ocular técnica como factor determinante en la calidad de la investigación en la escena del delito y su relevancia en el nuevo proceso adversarial oral Ecuatoriano.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19095>

Gillhan, R. (2021). Accuracy comparisons of iphone 12 pro lidar outputs [Tesis de doctorado, University of Colorado at Denver].
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ACCURACY+COMPARISONS+OF+IPHONE+12+PRO+LIDAR+OUTPUTS+&btnG=

González, L. M. (2022). La importancia del peritaje científico en las investigaciones criminales. *Revista de Ciencias Forenses*, 18(3), 210-225.

Grupo Iberoamericano de Trabajo de la Escena del Crimen (GITEC). (2010). *Manual de Buenas Prácticas en la Escena del Crimen*.

Guamán, S. (2023). “Factores de la inspección de campo que determinan la calidad de los indicios y evidencias en la escena del crimen” [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11543>

- Hullette, T., Gharge, P., & Ali, A. (2024, 5 enero). *Top 16 apps de escáner 3D de 2024 (Android y iPhone)*. All3DP. <https://all3dp.com/es/2/app-escaner-3d-android-iphone-escaneo-3d/>
- Kottner, S., Thali, M. J., & Gascho, D. (2023). Using the iPhone's LiDAR technology to capture 3D forensic data at crime and crash scenes. *Forensic Imaging*, 32, 200535. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2023.200535>
- Maiese, A., Manetti, A., Ciallella, C., & Fineschi, V. (2022). The Introduction of a New Diagnostic Tool in Forensic Pathology: LiDAR Sensor for 3D Autopsy Documentation. *Biosensors*, 12(2), 132. <https://doi.org/10.3390/bios12020132>
- Martínez, E., Macias, B., & Durán, A. (2022). *La importancia de las áreas de la criminalística en la escena del crimen*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8637952>
- Mikalai, Z., Andrey, D., Hawas, H. S., Tetiana, H., & Oleksandr, S. (2022). Human body measurement with the iPhone 12 Pro LiDAR scanner. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0078310>
- Miller, S. H., Hashemian, A., Gillihan, R., & Helms, E. (2022). A Comparison of Mobile Phone LiDAR Capture and Established Ground based 3D Scanning Methodologies. *SAE Technical Papers On CD-ROM/SAE Technical Paper Series*. <https://doi.org/10.4271/2022-01-0832>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC]. (2009). *La escena del delito y las pruebas materiales Sensibilización del personal no forense sobre su importancia*. https://www.unodc.org/documents/scientific/Crime_scene_Ebook.Sp.pdf
- Olivero, M. (2018). *La fijación de escenarios criminales con el empleo de tecnología móvil* [Universidad Camilo José Cela]. https://www.academia.edu/download/57045941/Morfis_Olivero_Anteproyecto_Final_15_06_2018.pdf.

- Pesantes, L., Valarezo, L., & Vilela, W. (2019). *Importancia de la investigación judicial y criminalística en la determinación de la veracidad del delito*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400443
- Polycam. (2023). *Polycam - LiDAR & 3D Scanner for iPhone & Android*. <https://poly.cam/>
- Polycam: 3D Scanner & Editor - Aplicaciones en Google Play*. (2024, 12 mayo). <https://play.google.com/store/apps/details?id=ai.polycam&hl=es&gl=US>
- Raneri, D. (2018). Enhancing forensic investigation through the use of modern three-dimensional (3D) imaging technologies for crime scene reconstruction. *Australian Journal Of Forensic Sciences*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/00450618.2018.1424245>
- Resolución No. 073-FGE-2014 [Fiscalía General del Estado]. Por la cual se establece los manuales, protocolos, instructivos y formatos del sistema especializado integral de investigación medicina legal y ciencias forenses. 25 de agosto del 2014
- Romero, L., & Alonso, D. (2020). *Criminalística basada al lugar de los hechos de las conductas punibles* [Universidad Autónoma de Colombia]. https://inacipe.gob.mx/imagenes/campus/docs/peritos/CRIMINALISTICA_BASADA_AL_LUGAR_DE_LOS_HECHOS_DE_LAS_CONDUCTAS_PUNIBLES.pdf
- Rutkowski, W., & Lipecki, T. (2023). Use of the iPhone 13 Pro LiDAR Scanner for Inspection and Measurement in the Mineshaft Sinking Process. *Remote Sensing*, 15(21), 5089. <https://doi.org/10.3390/rs15215089>
- Saferstein, R. (2015). *Forensic science: From the crime scene to the crime lab* (3rd ed.). Pearson.
- Salgado, C. (2021). Importancia tecnológica para la ciencia forense. *Revista Forenses Ecuador*, N° 01. <https://www.cienciasforenses.gob.ec/revista-snmlcf/>

Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2021). *Inspección Ocular Técnica, la columna vertebral de una investigación criminal – SNMLCF*.
<https://www.cienciasforenses.gob.ec/inspeccion-ocular-tecnica-la-columna-vertebral-de-una-investigacion-criminal/#:~:text=La%20inspecci%C3%B3n%20ocular%20t%C3%A9cnica%20es,tomada%20como%20prueba%20o%20indicio.>

Stevenson, S., & Liscio, E. (2024b). Assessing iPhone LiDAR & Recon-3D for determining area of origin in bloodstain pattern analysis. *Journal Of Forensic Sciences*.
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.15476>