



Artículo de Investigación

COMPARATIVA DEL PROGRAMA TEEXMR CON PROGRAMAS DE MICROSCOPIOS PROFESIONALES DE COMPARACIÓN BALÍSTICA

Enrique Germán Solana Aguilar
Perito del Centro Federal Pericial Forense de la
Fiscalía General de la República - México
Doctorado en Ciencias Forenses
enrique.solana@outlook.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-4495>
Google Scholar:
<https://scholar.google.com/citations?user=WBPl3xEAAAAJ&hl=es>

Recibido 23/10/2025
Aceptado 28/11/2025
Publicado 30/01/2026

doi: <https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

Cita recomendada: Solana, E. G. (2026). Comparativa del programa TEEXMR con programas de microscopios profesionales de comparación balística. *Revista Logos Guardia Civil*, 4(1), 277–300. <https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

Licencia: Este artículo se publica bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Depósito Legal: M-3619-2023

NIPO en línea: 126-23-019-8

ISSN en línea: 2952-394X

278 | RLGC Vol.4 No.1 (2026), pp. 277-300

<https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-4495>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=WBPl3xEAAAAJ&hl=es>

COMPARATIVA DEL PROGRAMA TEEX^{MR} CON PROGRAMAS DE MICROSCOPIOS PROFESIONALES DE COMPARACIÓN BALÍSTICA

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. FUNDAMENTO Y ARGUMENTACIÓN. 3. EL PROCESO DE ESTUDIO EN LAS CIENCIAS FORENSES. 4. TÉCNICAS DE COTEJO. 5. TEORÍAS PARA EL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS. 6. EL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS USANDO DIFERENTES EQUIPOS Y PROGRAMAS. 7. METODOLOGIA DE ESTUDIO. 8. COMPARACIÓN DEL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS USANDO DIVERSOS PROGRAMAS. 9. DISCUSIÓN. 10. CONCLUSIÓN. 11. AGRADECIMIENTOS. 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Resumen: Actualmente se buscan soluciones más sencillas y accesibles a problemas de todo tiempo, la innovación ha permitido que la tecnología permee en diversas áreas, y que utilidades tecnológicas sean capaces de ser usadas en diversos campos del conocimiento humano. Y la innovación tecnológica ha influido significativamente en las ciencias forenses, introduciendo herramientas que mejoran la eficiencia y accesibilidad en la comparación de evidencias. Tradicionalmente, la comparación balística depende de microscopios profesionales de alto costo integrados con programas especializados, lo que limita su disponibilidad a laboratorios con recursos limitados. Este estudio evalúa la funcionalidad y practicidad de Teex^{MR}, un programa digital económico diseñado originalmente con fines educativos, contrastándolo con sistemas profesionales de comparación balística de equipos como Leica^{MR}, Leeds^{MR} y VisionX^{MR}. Mediante pruebas sistemáticas con casquillos de calibres comunes (9×19 mm y .38 Special), la investigación analiza funciones esenciales como alineación de imágenes, superposición, ajuste de contraste y visualización en tiempo real. Los resultados indican que Teex^{MR} replica con éxito las funciones básicas de comparación, ofreciendo una alternativa viable para profesionales forenses y estudiantes que carecen de acceso a equipos costosos. Aunque no sustituye a los sistemas ópticos avanzados, Teex^{MR} demuestra potencial como herramienta complementaria para la formación y el análisis forense preliminar, promoviendo una mayor accesibilidad en la práctica pericial.

Abstract: Currently its search solutions easier and more accessible to problem's every time, the innovation had allowed that the technology permeate into various areas, and what technology's utility could able to makes in different lands of human's knowledge. And Technological innovation has significantly influenced forensic sciences, introducing tools that enhance efficiency and accessibility in evidence comparison. Traditionally, ballistic comparison relies on high-cost professional microscopes integrated with specialized software, limiting their availability to well-funded laboratories. This study evaluates the functionality and practicality of TeexTM, an affordable digital comparison program originally designed for educational purposes, contrasting it with professional ballistic comparison systems such as LeicaTM, LeedsTM, and VisionXTM. Through systematic tests using cartridge cases of common calibers (9×19 mm and .38 Special), the research analyzes core features including image alignment, overlay, contrast adjustment, and real-time visualization. Results indicate that TeexTM successfully replicates essential comparison functions, offering a viable alternative for forensic professionals and students lacking access to expensive equipment. While not a substitute for advanced optical systems, TeexTM demonstrates potential as a complementary tool for training and preliminary forensic analysis, promoting greater accessibility in forensic practice.

Palabras clave: Forense, Cotejo, Marcas de herramienta, Microscopia

Keywords: Forensic, Comparison, Tool Marks, Microscopy

ABREVIATURAS

AFTE: Association of Firearm and Tool Mark Examiners (Asociación de Examinadores de Armas de Fuego y Marcas de Herramientas, por su traducción al español)

CPEUM: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

CMS: Consecutive Matching Striae (Lineas consecutivas Concordantes, por su traducción al español, corresponde a una teoría de identificación de marcas de herramienta)

F.G.R.: Fiscalía General de la República (institución encargada de procurar justicia a nivel federal en la República mexicana)

AI: Inteligencia artificial

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

LED: Light-emitting diode (Diodo Emisor de Luz por su traducción al español)

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología es una de las principales piezas que ayudan a la innovación en los procesos y junto con ello, surgen nuevos paradigmas que se han de ir corrigiendo o perfeccionando. El avance en este siglo ha sido acelerado, lo que hace que la obsolescencia sea una cuestión para tomar en cuenta, no solo en el desarrollo industrial sino también en la intelectualidad.

Las ciencias forenses no se han escapado de la revolución tecnológica, desencadenando innovaciones y desarrollos para agilizar el trabajo, logrando hacer cosas que antes eran imposibles. Se han mejorado los procesos, lo que ha traído como efecto, nuevas formas de pensar acerca del estudio pericial.

Actualmente, los cotejos de marcas de herramientas se realizan con equipos microscópicos, los cuales en su mayoría son digitales y se encuentran acoplados a programas con diversas funciones que ayudan en la demostración de lo que se compara. Los equipos que se usan en laboratorios forenses en su mayoría son fijos y costosos, a su vez, los programas que tienen acoplados son propios del equipo y no permite que funcionen en otros equipos. Los equipos que se usan para el cotejo son útiles, ya que la principal necesidad es que se puedan observar los elementos a comparar en tiempo real, que la comodidad o ergonomía permita su uso cómodo, así como las características, permitan que, en el mismo equipo, se puedan usar gamas de contraste que faciliten la visualización de elementos necesarios para la identificación o descarte (marcas).

El conocimiento, en conjunto con los equipos que antes eran muy grandes y poco accesibles, ahora se ha dirigido a opciones más económicas y casi igual de confiables que las de alto costo.

La información de los equipos y estrategias tecnológicas en el ámbito forense es crucial para optimizar el trabajo de los expertos, por esto, es que el uso del programa llamado testigo experto (Teex^{MR}), apoya en la formación en el tema de cotejos, pero también, puede ser una herramienta útil para el desarrollo profesional forense y se pretende se represente en esta investigación.

En ocasiones, en las ciencias forenses, hay que echar mano del ingenio para lograr lo que se desea, esto es a base de prueba y error, y de familiarizarse con múltiples herramientas y aplicaciones que no necesariamente fueron creados para el área, pero que pueden ser técnicas que apoyen en gran medida al proceso de examen y obtención de resultados.

Por lo mencionado, el objetivo de esta investigación es la comparación y utilidad del programa Teex^{MR} para el cotejo de marcas de herramientas, en específico de elementos balísticos, a fin de que sean útiles para una investigación y dictamen pericial.

2. FUNDAMENTO Y ARGUMENTACIÓN

La ciencia como proceso de entendimiento del pensamiento y desarrollo de este, se precisa abierta a toda la sociedad. No obstante, en varias ocasiones se restringe este conocimiento por intereses económicos. La justicia como ciencia que se auxilia de otras

ciencias ha intentado la equidad en el juego del desarrollo científico, pero no ha sido suficiente para alcanzar a todo ni a todos.

En el ámbito penal de manera regular se usan ciencias, como la forense, para auxiliarse en el tema probatorio, debido a que se ha pensado que la mejor prueba es aquella que pasa por un rigor en su pensamiento, y si este está supeditado a ciencias de la rama natural y exacta, más aún. Lo cual resulta en parte una falacia y aun así se le otorga una confianza desmedida. Por el contrario, uno de los mejores justificantes del pensamiento es aquello que se menciona como científico.

Respecto a las ciencias forenses en México, se puede empezar con los laboratorios oficiales, entendidos estos, como aquellos que son regulados por el gobierno. En la república mexicana, “al cierre del 2022 se reportaron 32 coordinaciones en la fiscalía general de la República (FGR) y 397 unidades de servicios periciales y/o servicio médico forense en las entidades federativas” (INEGI, 2023, p.12).

En 2022, el total de personal en las coordinaciones y unidades de los servicios periciales y/o servicio médico forense fue de 13, 827. Por ámbito, 12.6% (1, 737) pertenecieron a la FGR, mientras que 87.4% (12, 090) a las unidades estatales. Comparado con 2021, la cantidad de personal de la FGR disminuyó 5.8%, mientras que aumentó 1.4% en las unidades estatales (INEGI, 2023, p.17).

Durante 2022, en la FGR se recibieron 325, 196 solicitudes de intervención pericial, las cuales fueron admitidas en su totalidad; esta cifra representó un aumento de 17.6% respecto de 2021. Por su parte, en las unidades estatales se recibieron 4,505,448 de solicitudes, de las cuales, 99.97% fueron admitidas y 0.03%, desechadas; la cantidad de solicitudes recibidas tuvo una disminución de 1.7% en relación con lo reportado en 2021 (INEGI, 2023, p.25).

Si se hace un ejercicio imaginario, se atiende un promedio de 188 solicitudes por perito por año en el ámbito federal (FGR) lo que represente casi una solicitud cada dos días. Para el ámbito estatal serían 373 solicitudes por año, un poco más de una por día.

Este pensamiento, se hace sin considerar el tiempo de vacaciones, días festivos, la semana laboral y despreciando la carga por materia y por estado, especulando que todo el personal contemplado realiza una labor pericial. No obstante, sirve como una idea del entorno pericial oficial en la república mexicana. Lo demuestra a simple vista, una falta en recursos humanos. Se debe tomar en consideración, que la actividad pericial no se asimila a un proceso de producción industrial, debido a que los exámenes dependen de muchas variables para asegurar los tiempos de respuesta, como lo sería, la condición del indicio, la cantidad de indicios y/o evidencias a examinar, el tiempo de procesamiento del indicio y/o evidencia, tiempo de respuesta de los equipos, entre otras cosas más. Lo que conlleva un número amplio de expertos en diversas áreas forenses.

Por el contrario, no pasa lo mismo en el área de la defensa oficial o particular. Ya que, si bien existen ya entidades con expertos forenses, estos no tienen a su alcance ni la misma capacitación ni tampoco el alcance económico que las entidades dedicadas a la

investigación judicial. Sin embargo, la constitución política de los estados unidos mexicanos (CPEUM), establece en su artículo 17 lo siguiente:

La Federación y las entidades federativas garantizarán la existencia de un servicio de defensoría pública de calidad para la población y asegurarán las condiciones para un servicio profesional de carrera para los defensores. **Las percepciones de los defensores no podrán ser inferiores a las que correspondan a los agentes del Ministerio Público** (CPEUM, 2024, Art.17, Párr. 8).

Si bien es cierto que se tienen ya entidades públicas para la defensa y algunas de ellas dotadas de expertos en diversas áreas y/o disciplinas forenses, también lo es, que en muchos casos no reciben el mismo emolumento de los ministerios públicos o que los peritos oficiales. Lo que es de llamar la atención, más aún por deberse a una garantía establecida en la constitución y no un simple precepto aislado.

También se observa en el artículo 20 de la CPEUM lo siguiente: “V. La carga de la prueba para demostrar la culpabilidad corresponde a la parte acusadora, conforme lo establezca el tipo penal. Las partes tendrán igualdad procesal para sostener la acusación o la defensa, respectivamente;” (CPEUM, 2024, Art.20 Apartado A, Fracción V), lo que supone una igualdad de circunstancias en el carácter probatorio, incluyendo el ámbito pericial, lo cual, no está equilibrado, ya sea por las herramientas o por el acceso que se tiene en algunos lugares a los indicios y/o evidencias, ya que muchas veces, no se permite que se lleven a un laboratorio especial para análisis, improvisando su entrega en alguna cede de la misma fiscalía, lo que es una inequidad en el desarrollo de este tipo de pruebas.

A su vez, se establece en la misma CPEUM, lo siguiente:

Octavo. El Congreso de la Unión, las Legislaturas de los estados y el órgano legislativo del Distrito Federal, deberán destinar los recursos necesarios para la reforma del sistema de justicia penal. Las partidas presupuestales deberán señalarse en el presupuesto inmediato siguiente a la entrada en vigor del presente decreto y en los presupuestos sucesivos. Este presupuesto deberá destinarse al diseño de las reformas legales, los cambios organizacionales, la construcción y operación de la infraestructura, y la capacitación necesaria para jueces, agentes del Ministerio Público, policías, defensores, peritos y abogados (CPEUM, 2024, Art. Octavo transitorio de la reforma de 2008).

Lo cual todavía no llega a ser lo que se estableció, a pesar de que se trata de una disposición del 2008, no solo por hablar de las áreas periciales de las defensorías, ya que también subsiste el problema presupuestal y por tanto de equipo y capacitación en las instituciones periciales de fiscalías y poderes judiciales de varios estados de la república mexicana.

No existe hoy en día, algún estudio de cotejo entre el programa Teex^{MR} y programas acoplados a microscopios de comparación balística, tal vez esto es debido a que el programa se creó con miras en una herramienta para los estudiantes, pero no pensado profesionalmente para un cotejo asociado a la actividad laboral de algún perito. Cabe hacer mención que, al preguntar a expertos oficiales de laboratorios de México y España,

no se tuvo conocimiento de este programa y menos aún de su alcance. (Juanamaria66, 2020).

3. EL PROCESO DE ESTUDIO EN LAS CIENCIAS FORENSES

García, Z. y Luises E. (2022), definen dictamen como: “la emisión de la opinión en un problema concreto que ha sido planteado por parte de una persona experta, llegando a puntos específicos con base en las investigaciones efectuadas, procedimientos y fundamentos técnico-científicos” (Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América et al., p.216).

En México se considera una división entre lo que debe entenderse por dictamen, por informe e informe pericial, ya que estos tres conceptos revisten diferencias no solo semánticas sino también en la práctica.

En este orden de ideas Romero, Ana (2022) define informe como, “aquello que resulta de una intervención que por alguna razón no pudo realizarse” (Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América et al., p.277).

Se puede entender, que el dictamen es aquella actividad que después de ser realizada se precisa de una opinión o posible hipótesis, en cuanto al informe pericial, es aquel que después de realizada la actividad y siguiendo el proceso ideal para el caso que se trate, no es posible emitir una opinión o hipótesis por alguna circunstancia externa, como lo sería en un cotejo lofoscópico, por la falta de crestas para emitir una conclusión de identificación con alguna persona contenida en la base de datos. Y se entiende simplemente como informe, a aquel cuando se recibe la solicitud, no se puede hacer la actividad, ya por errores en la solicitud, por falta del indicio y/o evidencia para estudio, por no ser el alcance del laboratorio, entre otras circunstancias.

También se puede distinguir entre dos procesos expertos o periciales, unos que tienen como finalidad la emisión de hipótesis respecto a preguntas muy precisas y otro que se encamina en distinguir o identificar.

El cotejo, es uno de los procesos clave para llegar a una identificación o una eliminación, el cual consiste en comparar uno a uno (lado a lado) dos o más indicios y/o evidencias, lo cual lleva a resultados distintivos que a su vez desencadena una conclusión soportada por el proceso, la técnica, el método y los resultados.

Este tipo de actividades se observan comúnmente en disciplinas forenses como la balística, lofoscopía, documentoscopía, grafoscopía, marcas de herramientas, entre otras más.

Las conclusiones a las que se pueden llegar después del cotejo pudieran ser: la identificación, la eliminación, resultado no concluyente y no apto para estudio. Estas variables pueden ser más o llamarse de forma distinta, pero su esencia es la misma.

4. TÉCNICAS DE COTEJO

La óptica ha sido un invaluable recurso para la investigación, y no ha sido la excepción en las ciencias forenses, que, hoy en día, dicha técnica es utilizada en casi todos los procesos y en la mayoría de los equipos que se usan en laboratorio. La fotografía es una de estas técnicas que se vale de la óptica para obtener imágenes fiables de lo que se observa.

De las técnicas que auxilian al cotejo se encuentra pues la óptica, acoplada a la imagen digital. Dicha técnica ayuda a ver objetos de menor tamaño que a simple vista no se pueden ver. Se debe tener precaución, ya que muchas veces se cree que la imagen de algún dispositivo como celular, no es suficiente para obtener una buena resolución y por tanto no es buena para el cotejo. No es totalmente inservible, ya que los avances tecnológicos, han ayudado a que en objetos de menor tamaño se tengan buenas características. Se debe tener en cuenta que lo ideal para la fotografía forense, hablando de pixeles, es el uso de cámaras con resolución arriba de 5 megapíxeles. Muchas de las cámaras modernas, incluso en celulares, cuentan con resolución superior a esta, no obstante, no se debe confundir esta circunstancia, ya que, si bien es importante, también lo es la nitidez y el color. Por lo que el sensor es la pieza clave para tener estas dos características de buena calidad.

Otro ingrediente importante es la óptica, por lo que un objetivo con acercamiento (zoom) es mejor que uno (zoom) digital. La trasposición puede ser una buena herramienta al realizar fotografías con fines de cotejo, entendiéndose por esto, el uso de herramientas usadas de manera interpuesta entre la cámara u objetivo, que puede ser un buen remedio para lograr mejores acercamientos, como lo sería el uso de una lupa.

Para la fotografía, ya sea manual o por medio de un microscopio, se recomienda cuando menos cinco fotografías por sección. Esto es, tomar una fotografía con luz directa, y cuatro con luz rasante, iluminando desde las cuatro zonas, arriba, abajo, izquierda y derecha. Va a depender mucho del estudio, ya que se pueden tomar más fotografías de acuerdo con las circunstancias. Por ejemplo, en grafoscopía se recomienda tomar una fotografía con contraluz (luz ubicada por el lado contrario de la superficie donde yace la gráfia). También se recomienda diversas fuentes de luz, como lo son, luz blanca o fría, luz amarilla o cálida, luz ultravioleta, luz infrarroja, entre otras. Ante todo, en el estudio se debe tener presente el principio de intercambio establecido por Edmond Locard (Mummery, 2021, p. 512), consecuente a este principio se ha de considerar el de correspondencia de características, en el cual se debe considerar el cotejar objetos en similares circunstancias, es decir, si se usa una iluminación blanca o fría, ambos indicios y/o evidencias deben estar bajo la misma circunstancia.

La luz blanca led, es una buena opción, no solo para el cotejo de indicios y/o evidencias, sino también para el cuidado de la vista, por ser esta cómoda y suave para los ojos. “La luz artificial fría es la mejor alternativa a la natural, debido a que es la que más se le parece. Cansa menos la vista” (Optica & Hispania, 2024, párr. 18).

Otras ventajas de la luz led es:

Son energéticamente mucho más eficientes, cosa que resulta en un menor consumo energético. Además, se caracterizan por tener una vida útil mucho más

larga que la de las bombillas. Por último, los LED prácticamente no emiten calor y esto resulta mucho más práctico tanto para trabajar cómodamente con el microscopio como para mantener la muestra en buenas condiciones (Mundo Microscopio, 2024, párr.20).

En balística forense o el estudio de armas de fuego y marcas de herramientas, para el cotejo se usan herramientas como lupa, estereoscopio y microscopio de comparación. Estas herramientas se usan según la etapa de estudio, siendo recomendado primero observar el objeto a simple vista bajo diversos ángulos de luz, posteriormente debajo de una lupa, para enseguida usar un estereoscopio para ubicar marcas más pequeñas y específicas, a fin de clasificar el indicio en algún grupo (estos pasos pueden aplicar también para alguna otra disciplina que realice cotejos), posteriormente se montan en el microscopio de comparación, para realizar el cotejo uno a uno, es decir, lado a lado, con similares condiciones de iluminación y con el mismo aumento.

5. TEORÍAS PARA EL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS

Para la realizar el cotejo de elementos balísticos, existen diversas técnicas como las anteriores vistas, pero también se acompañan de metodologías, compuestas por estudios continuos que han arrojado efectividad en el campo de las marcas de herramientas.

Entre las que se pueden mencionar, la teoría de la AFTE y de la CMS.

Jack Dillon (2008), respecto a la historia de la CMS, nos señala que:

La CMS fue inicialmente propuesta en 1959 por Al Biasotti, se enfocó en la necesidad de establecer criterios específicos para la identificación de las impresiones de herramientas, centrándose en la idea de que una identificación se da bajo el sustento de las características individuales basada en una perspectiva objetiva. Esta teoría se fundamenta en un estudio realizado con muestras siendo esto un análisis de 720 comparaciones, no concordantes, conocidas de las impresiones del campo y la estría, y no pudo encontraron casos en los que la CMS superó cuatro líneas continuas en los cotejos. En 1997, Biasotti y John Murdock publicaron conjuntamente su trabajo titulado "Criterios cuantitativos conservadores de identificación", utilizando los criterios de la CMS (Dillon, p.375).

Para entender mejor esta teoría primero se debe conocer que existen marcas bidimensionales y tridimensionales en las marcas a analizar de los elementos balísticos.

Marcas bidimensionales. Estas marcas son aquellas que también se conocen como marcas por compresión o estampadas, se producen cuando una herramienta aplica suficiente fuerza a un objeto cualquiera, dejando en este una impresión, la cual varía por su contorno, profundidad, dimensión, etc.

Marcas Tridimensionales. Estas marcas son conocidas también como marcas por fricción, arrastre, abrasión, estrías o araños, y se producen cuando una herramienta al ser arrastrada con cierta fuerza sobre un objeto genera surcos o marcas lineales, estas

marcas o bajo relieves tienen diversidad en su contorno y profundidad, produciendo en ocasiones micro rayas dentro de su contorno.

La identificación de marcas de herramientas, normalmente hacen distinción de niveles, en el caso de las marcas de herramienta, estos niveles se clasifican en tres, y son indispensables para la identificación de las marcas, estos son:

Características de clase, que son aquellas en las que se observan marcas características de un tipo específico de marca, que puede incluir a un grupo de herramientas y excluir a otras, pero solo de manera general.

Características de subclase, estas marcas son más específicas que las de clase, pero sin ser individuales, ya que puede distinguir entre un grupo reducido de tipos de herramientas, pero de manera general; se ha de tener cuidado, ya que estas marcas pueden solo deberse a un grupo específico de herramientas, pero no a una en particular.

Características individuales, son las marcas más pequeñas y a su vez, que sirven para descartar a un grupo grande de marcas y hacer específicas estas con una herramienta en particular.

Finalmente, esta teoría establece que se deben encontrar en marcas tridimensionales un grupo de cinco líneas consecutivas concordantes o dos grupos de tres líneas consecutivas concordantes en cada marca, y para marcas bidimensionales, un grupo de ocho líneas consecutivas concordantes o dos grupos de cinco líneas consecutivas concordantes (Dillon,2008). Esto aplica solo para comparación de características individuales, por lo que hay que prestar atención en estas características.

La teoría de la Asociación de Examinadores de Armas de Fuego y Marcas de Herramientas (AFTE por sus siglas en inglés), establece que la distinción de estas características debe ser específica y discernible en apariencia (apreciables y concordantes), sin dar lugar a un sentido cuantitativo de estas, como lo establece la teoría de la CMS.

Las formas o características individuales no consecutivas, (bidimensionales), también son sujetas a comparación, pero deben tener la misma forma y disposición en la ubicación, y de ser posible también se ha de tener en cuenta el tamaño de la marca.

Actualmente existen nuevas técnicas que ayudan a la identificación por medio de la fotogrametría, o imágenes con bajo y alto relieve, en algunos casos se combinan con programas o plataformas que auxilian en la observación de las marcas, aunque las técnicas varían, los principios de identificación siguen siendo los mismos. Basándose principalmente en las marcas que van de lo general (marcas de clase) hasta lo específico (marcas individuales), permitiendo así la exclusión de candidatos en la identificación.

6. EL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS USANDO DIFERENTES EQUIPOS Y PROGRAMAS

La microscopia es uno de los dispositivos que se han valido de la óptica y la fotografía, hoy en día, es el mejor dispositivo que se ha demostrado se tiene para el cotejo, no obstante, en el pasado se usaron ingenios como el caso del sistema o foto comparador

Belaunde (Gamarra, G. Skopein, p. 43), aludida al investigador Ernesto Manuel Belaunde, la cual realizaba una serie de fotografías a una bala, para después empatarlas y servir estas para hacer cotejos por superposiciones o por cotejo lado a lado de manera más cómoda, ya que se trataba de imágenes con más amplitud.

Al experto en microfotografía de nombre Philipp O. Gravelle, se le ocurrió inventar el microscopio de comparación balística, uniendo dos microscopios por medio de un dispositivo óptico (Jiménez, J. 2011, Párr. 8).

Hoy en día, todo equipo trae diversos programas asociados al mismo, el cual según sus funciones permite realizar diversas acciones, como superponer imágenes, barrido de las mismas, cambio de colores, entre otras funciones más.

Existen diversos programas como el Photoshop® o similares, que ayudan a realizar mejoras en las imágenes, pero también pueden servir para el cotejo en cuestiones forenses, lo cual permite tener herramientas que facilitan la visualización de pequeñas minucias y a su vez, una forma gráfica para la exemplificación ante algún tribunal (Solana E, 2020)

Pero también están programas que nos facilitan el trabajo de comparación con menos presupuesto, lo cual no siempre se contrasta en precio o accesibilidad con su fiabilidad, uno de estos programas con funciones pensadas para el área forense es el de nombre testigo experto o Teex^{MR}.

También hay cámaras y microscopios acoplados a programas y funciones específicas dependiendo de la aplicación, por ejemplo, para huellas lofoscópicas, se tienen equipos para su mejoramiento y la adquisición de imágenes directas de objetos, es decir, el trabajo de trasplante de la huella se realiza por medios fotográficos. En cuanto a grafoscopía, existen funciones para ver los trazos en tercera dimensión, esta función es útil para los casos de entrecruzamiento de tintas. Así como estas, existen funciones distintas, de acuerdo con como se quiera y que se quiera cotejar.

7. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Se desarrollaron comparaciones sistemáticas con los programas de comparación microscópica para elementos balísticos, prestando principal interés en programas de equipos usualmente usados para comparación, como lo son, el equipo Leica, Leeds, Vision X^{MR} y el programa propuesto para análisis respecto a su funcionalidad Teex^{MR}.

Se examinaron dos muestras distintas de casquillos de los calibres 9x19 mm y 38” especial, debido a que en el momento del estudio se trata de los calibres más comunes de los que se realiza cotejo en el laboratorio donde se gestionó el estudio, así como por el tipo de arma (pistola y revolver). Los cotejos se realizaron con muestras de casquillos testigos (casquillos obtenidos de un arma que se conoce), y se repitieron los estudios en los microscopios y plataformas de estos. Se tomaron microfotografías con la cámara acoplada al microscopio VixionX^{MR}, así como con una cámara fotográfica marca canon modelo EOS Rebel T7i, utilizando un objetivo zoom con distancia focal 18-55 mm (este es el comúnmente usado ya que normalmente es con el que se vende la cámara).

Las muestras se colocaron en cada platina lado a lado de los microscopios sujetos a estudio, se hicieron pruebas de visión de la imagen con las herramientas que cada microscopio tenía en su programa de fábrica, así como del programa Teex^{MR}, como lo son las luces, las tonalidades, la colocación de la división entre las muestras, las funciones de punteros y texto. También se hicieron cotejos en las plataformas con un par de cada uno de los casquillos (9x19 mm y .38" especial), se utilizaron las herramientas de cada plataforma, comprobando las funciones: Lado a lado y arriba a abajo, superposición, luces, gamas de colores, contrastes, acercamientos y marcadores especiales para la imagen.

Principalmente se tomó atención en las funciones de acercamiento, superposición y visión lado a lado de la muestra, con el objetivo de comprobar esta función, que se considera lo principal al momento de realizar un cotejo.

Se tomaron capturas de pantalla de los cotejos de casquillos, a fin de ejemplificar la comparación de estos en el estudio.

Se siguieron los siguientes pasos:

1. Elección de casquillos con percusión central calibre 9mm y 38 SPL
2. Limpieza de casquillos
3. Elección de tres sistemas mayormente usados con diversas fuentes de luz, Luz de tungsteno (Leica^{MR}), luz fluorescente (Leeds^{MR}) luz led (Vision X^{MR})
4. Carga de fotografías obtenidas de los microscopios y cargadas en el programa Teex^{MR}
5. Comparación de funciones básicas en cada programa siendo las principales:
 - Acercamiento
 - Divisores de imagen para cotejo
 - Superposición de imágenes
 - Funciones de puntero y texto
 - Funciones de gamas de contrastes
6. Cotejo de los resultados obtenidos en cada programa.

No se llevó a cabo un estudio acerca de la resolución de la imagen, sino solo de la mejora de esta con los programas y las funcionalidades con las que contaba cada programa, haciendo una comparación entre todos ellos, para saber que incluye cada uno y la facilidad de su uso.

8. COMPARACIÓN DEL COTEJO DE ELEMENTOS BALÍSTICOS USANDO DIVERSOS PROGRAMAS

El estudio se hizo bajo el supuesto del programa comparador Teex^{MR} y sus funciones, teniendo tres referencias de microscopios profesionales de laboratorio y sus programas de microscopía profesional acoplados, como lo es el Leica^{MR}, el LEEDS^{MR} y el Vision X^{MR}, este último de la compañía Forensic Technology^{MR}, todos estos en contraste con el programa comparador Teex^{MR}. Se tomaron en cuenta muestras de casquillos estándar, y no se evaluó directamente la óptica, si no la plataforma en su visión general, debido a que lo óptico depende directamente de la herramienta de captura y no del programa que genera los procesos de visualización y cotejo.

A continuación, se observan las diferentes funciones en la pantalla principal de cotejo de los programas acoplados en los microscopios Leeds^{MR}, Vision X^{MR} y Leica^{MR}, en ese orden.

Figura 1
Fotografía de comparación de culote de casquillos del sistema del microscopio Leeds^{MR} donde se aprecian las funciones generales en la parte superior y lado derecho.

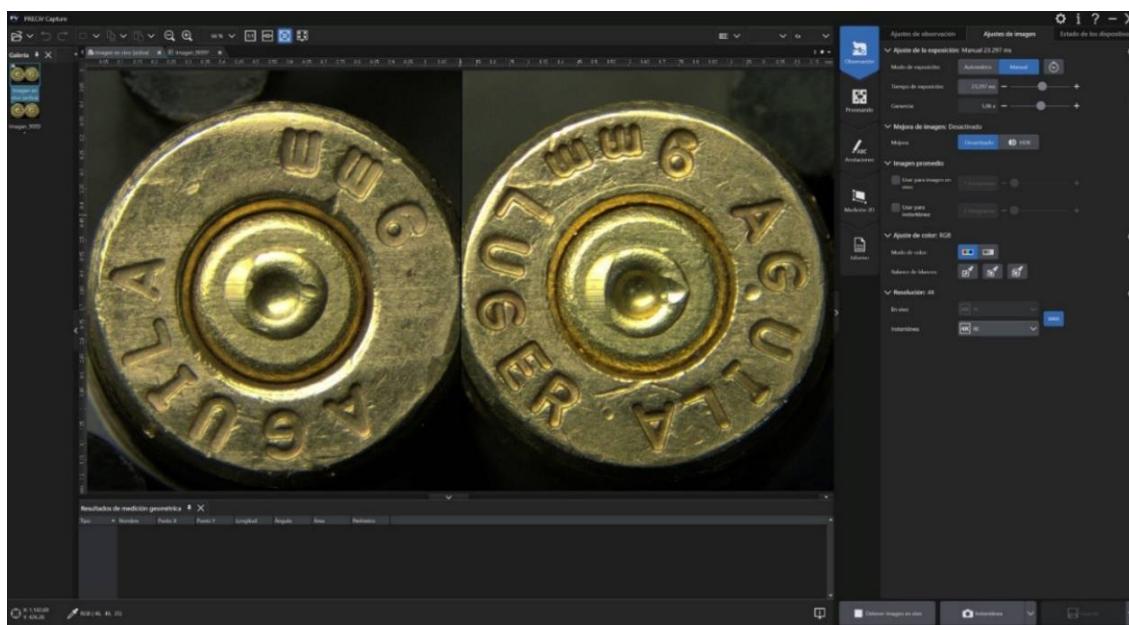


Figura 2

Fotografía de comparación de casquillos en el sistema del microscopio Vision X^{MR} donde se aprecian sus funciones generales en la parte superior y en el lado derecho.

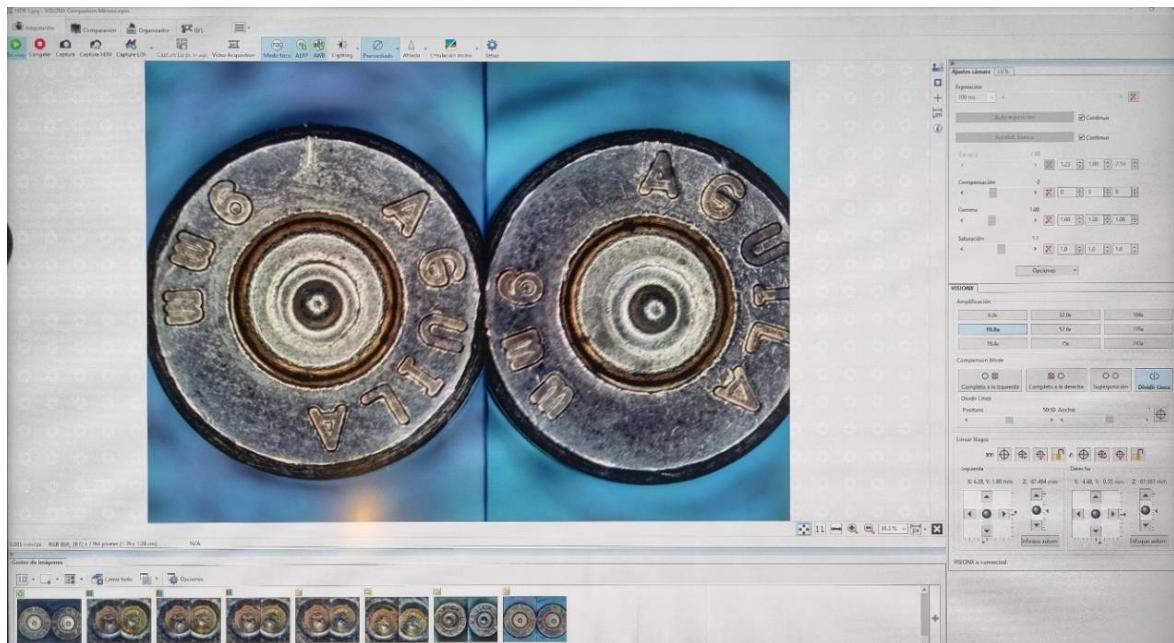


Figura 3

Fotografía de comparación de culote de casquillos del sistema del microscopio Leica^{MR}, donde se aprecian sus funciones generales en las pestañas superiores y en el costado derecho e izquierdo de la pantalla.



Es de resaltar que, el programa o aplicación de nombre testigo experto Teex^{MR} es un recurso para ayuda en el cotejo, pero no se trata de una plataforma con microscopio, por lo que es necesario contar con microscopios o simplemente con cámaras que capturen los indicios y/o evidencias. Lo interesante, es que se pueden montar las cámaras o microscopios a una computadora con el programa, lo que permite que se vea en tiempo real lo que se está grabando en los dispositivos acoplados. Por lo que respecta a la resolución, esto va a depender en gran medida de los dispositivos periféricos que se acoplen. El diseño de la plataforma está pensado para el cotejo de diversos indicios y/o evidencias, no solo para elementos balísticos. En la imagen 4, se observa una computadora, con dos microscopios acoplados.

Imagen 4
Programa Teex^{MR} con acoplamiento de microscopios portátiles de cada lado



Nota. Imagen aportada por proveedor y autor en balística forense Cibrián, O. 2024,[11].

Si no es posible acoplar algún dispositivo también se tiene la opción de cargar las imágenes previamente capturadas desde algún fichero, lo que permite la practicidad en el manejo de las imágenes cuando no sea en tiempo real.

La empresa Arfus^{MR} proveedora de este sistema lo describe como un:

Comparador digital orientado a desarrollar habilidades en técnicas de comparación en estudiantes y futuros profesionales de la criminalística, la criminología y las ciencias forenses, tales como la identificación de armas de fuego y marcas de herramienta, así como de otras materias relacionadas con los conocimientos especializados que proporcionan opiniones fundadas a los tribunales de justicia sobre los puntos litigiosos que son materia de dictámenes periciales (Delgadillo, 2020).

Si bien es un programa o aplicación orientado principalmente a la educación, también es realmente práctico en el ámbito profesional, sobre todo, para aquellos casos

en donde no se tengan equipos comparadores o no se permita el traslado de los indicios y/o evidencias al lugar donde se pudieran tener los equipos especiales.

Los usos dependen principalmente del usuario, pero todo aquello que requiera una comparación, puede ser usado mediante esta plataforma, por ejemplo, la comparación de documentos, escritura, huellas, marcas de herramientas, lesiones, entre otras más.

Las especificaciones mínimas para correr este sistema son, una PC, Móvil, Surface hub, HoloLens, que se tenga en el dispositivo Windows 10 o posterior, memoria mínima de 2 Gb y 4Gb como recomendación, se recomienda una cámara acoplada y memoria de video recomendada de 1 Gb (Delgadillo, 2020). En la imagen 5, se observa una comparación entre dos casquillos lado a lado y diversas funciones del programa en su lado izquierdo.

Imagen 5

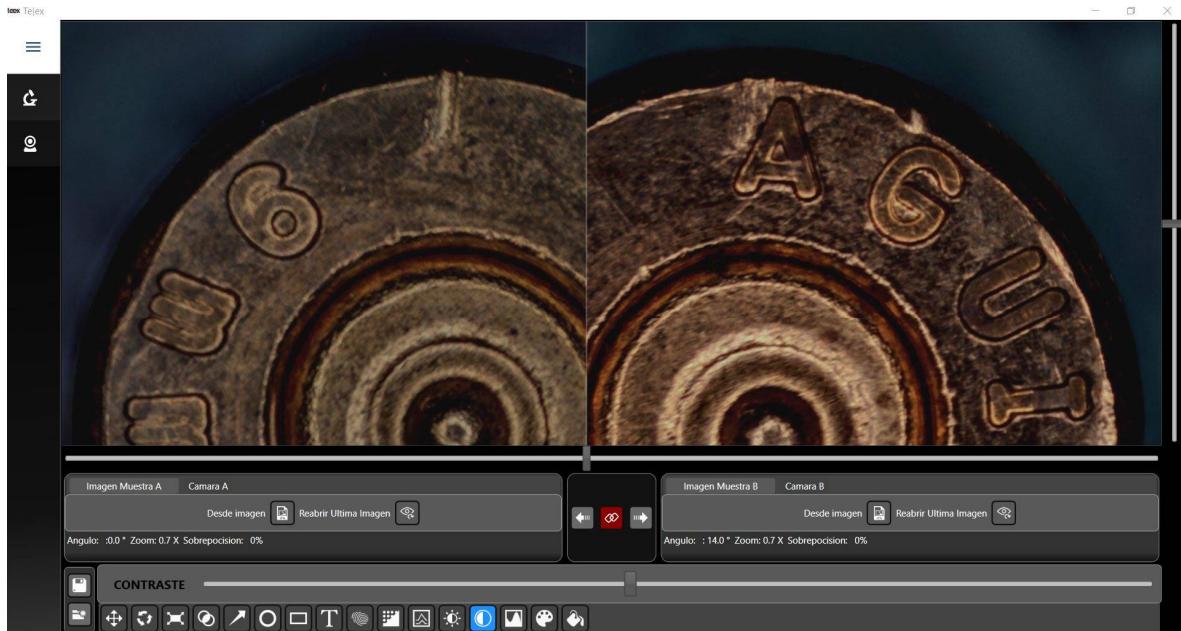
Ecosistema del programa Teex^{MR} en una comparativa de dos casquillos, donde se observan sus funciones en el costado izquierdo y parte inferior.

Nota. Imagen aportada por proveedor y autor en balística forense Cibrián, O. 2024 [15]



Figura 6

Comparación de marcas de extractor en margen superior, de dos casquillos con programa Teex^{MR}



Nota. Imagen tomada directa del programa con una comparación con fotografías tomadas por microscopia.

Después de probar el entorno visual de diversos equipos profesionales y del programa Teex^{MR}, se realizó una comparación general de las cualidades de los programas de cada microscopio y del programa Teex^{MR}, las cuales se pueden ver resumidas en la Tabla 1, donde se muestran las funcionalidades principales de cada sistema y sus características principales, con la finalidad principal de esbozar la funcionalidad del sistema TeeX^{MR} respecto a los de microscopios profesionales.

Tabla 1

Comparación de las características del programa para cotejo de diversas marcas de microscopios y del programa TeeX^{MR}

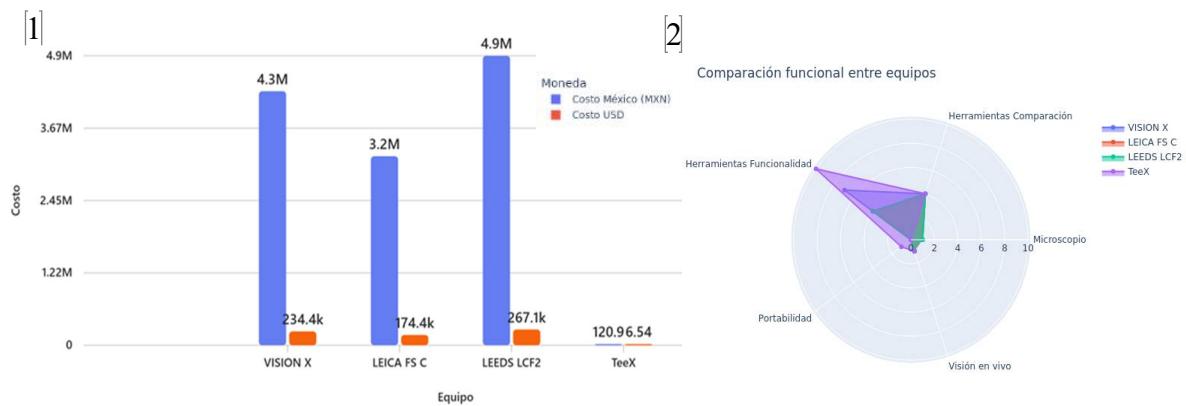
| CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL PROGRAMA | NOMBRE DE EQUIPO Y/O PROGRAMA | | | |
|--|--|--|--|--|
| | VISION X ^{MR} | LEICA FS C ^{MR} | LEEDS LCF3 ^{MR} | TeeX ^{MR} |
| Imagen | Vertical y lateralmente correcta | Vertical y lateralmente correcta | Vertical y lateralmente correcta | Vertical y lateralmente correcta |
| Comparación | lado a lado, lado izquierdo o derecho completo, superpuesto | lado a lado, lado izquierdo o derecho completo, superpuesto | lado a lado, lado izquierdo o derecho completo, superpuesto | lado a lado, lado izquierdo o derecho completo, superpuesto |
| Línea de división | Configuración completa de posición y ancho motorizado y memorizado en el controlador | Configuración manual para posición y ancho | Configuración manual para posición y ancho | Digital con configuración manual para posición y ancho |
| Imagen en vivo de cámaras digitales* | Cámara HDMI con imagen. memoria en tarjeta SD, 1920x1080 resolución de píxeles, incluida la básica Funciones de software | Varias cámaras digitales en vivo disponibles | Varias cámaras digitales en vivo disponibles | Depende del acoplamiento de equipo fotográfico, el cual puede ser acoplado al sistema. |
| Funciones de programa | VisionX SW incluye su cámara control, captura de imágenes, imagen anotaciones, análisis de imágenes, archivar imágenes, medir y capacidades de comparación. Remoto función de control | Paquete de software LAS, controla lacámara, captura y gestiona imágenes y admite medidas | Paquete de software LAS, controla lacámara, captura y gestiona imágenes y admite medidas | Paquete de software LAS, controla lacámara, captura y gestiona imágenes y admite medidas |

Nota. La tabla representa las características de los programas y solo algunas de los equipos.

Información extraída de los equipos VISION X^{MR}, LEICA FS C^{MR} y LEEDS LCF3^{MR} se extrajeron del catálogo comparativo de Projectina^{MR} (Visionx & Comac, 2017)

Gráficos 1 y 2

1. Comparación de los precios de los equipos y programa 2. Comparación de las ventajas y desventajas de los equipos y programas para cotejo de diversas marcas de microscopios y del programa TeeX^{MR}



Nota. Los precios son estimados obtenidos de los proveedores en el año 2025, el único que cuenta con portabilidad es el programa TeeX^{MR} como se aprecia en el grafico 2.

9. DISCUSIÓN

La resolución de las imágenes va a depender de la cámara con la cual se toma. La finalidad de este estudio, como se mencionó, nunca fue comparar la nitidez de la imagen sino la eficiencia en los servicios que ofrecen en su sistema o plataforma. Las funciones con las que se presentan los equipos visión X, Leica^{MR} y Leeds^{MR}, contienen funciones que ayudan en el cotejo, acoplado a sus múltiples objetivos y a la eficiencia de su plataforma. No obstante, las funciones de cotejo, comparación uno a uno en tiempo real, superposición, rotación, cambio de iluminación y contraste, son funciones con las que cuenta también el programa Teex^{MR}, por lo que, en este sentido, cumple con las condiciones propias de cualquiera de las plataformas examinadas.

El análisis realizado evidencia que la tecnología ha transformado de manera sustancial los procesos en las ciencias forenses, ofreciendo herramientas más accesibles que permiten reducir la brecha entre laboratorios con recursos limitados y aquellos con equipos de alta gama. El programa Teex^{MR}, aunque concebido inicialmente para fines educativos, demostró ser una alternativa funcional para el cotejo de indicios balísticos, replicando las principales características de los sistemas profesionales como la comparación lado a lado, la superposición y el ajuste de contraste. Si bien no sustituye la precisión óptica de los microscopios especializados, su bajo costo y facilidad de uso lo convierten en una opción viable para la formación académica y para escenarios donde el acceso a equipos avanzados es limitado.

Este hallazgo refuerza la importancia de la innovación tecnológica orientada a la democratización del conocimiento y la práctica forense, sin perder de vista que la experiencia profesional y el rigor metodológico siguen siendo elementos esenciales para garantizar la validez de los resultados.

Entre las propuestas a futuro para este estudio se podrían destacar: 1. Integración con inteligencia artificial: Explorar la incorporación de algoritmos de IA para la detección automática de características individuales en marcas balísticas, optimizando el proceso de cotejo y reduciendo el tiempo de análisis. 2. Pruebas en entornos judiciales: Analizar la viabilidad del uso de Teex^{MR} en audiencias y tribunales, evaluando su aceptación como herramienta auxiliar en la presentación de pruebas periciales. 3. Ampliación a otras disciplinas forenses: Investigar la aplicación del programa en áreas como documentoscopía, lofoscopía y análisis de lesiones, para determinar su versatilidad en diferentes escenarios periciales. 4. Estudio de impacto económico y social: Medir el impacto que tendría la adopción de herramientas accesibles como Teex^{MR} en laboratorios con recursos limitados, considerando la reducción de costos y la democratización del acceso tecnológico. 5. Desarrollo de estándares de validación: Proponer protocolos y normativas que garanticen la confiabilidad de los resultados obtenidos con plataformas digitales, alineados con estándares internacionales en ciencias forenses.

10. CONCLUSIÓN

El uso de la tecnología ha evolucionado rápidamente desde el año dos mil, lo que ha permitido que ciencias, artes, disciplinas, profesiones entre otras, se beneficien de las nuevas técnicas existentes. El área forense se ha tecnificado, mejorando los estudios haciéndolos más eficientes. El avance en la microscopía combinada con la informática permite que cosas que antes no eran posibles han dejado de serlas.

Si bien es cierto que la tecnología ha auxiliado a las ciencias forenses, también lo es, que muchos de los avances no han estado en manos de todos, existen laboratorios con tecnología aun antigua, no por eso no funcional, pero que no ayudan con la eficiencia de los procesos. Dado lo anterior, se han ejecutado alternativas para que estos beneficios cada vez sean más accesibles.

En esta investigación, se pudo mostrar el uso de tecnología accesible para los cotejos, en contraste con la tecnología actualmente utilizada por algunos laboratorios oficiales. Este programa (Teex^{MR}) permite que el usuario pueda hacer una comparativa ya sea de manera directa con los indicios y/o evidencias o indirecta con las fotografías que se proporcionen de los indicios y/o evidencias. Si bien este programa es pensado para la educación y el acercamiento más real a la enseñanza de los cotejos de indicios y/o evidencias como casquillos, balas, huellas, documentos, entre otros, se puede concluir que también es práctico y útil para el laboratorio establecido. No solo permite un cotejo en tiempo real, si no que permite, ser utilizado en cualquier parte, incluso en un tribunal.

No hay que olvidar, que la ciencia siempre ha tendido a la comunicación y accesibilidad de sus conocimientos y cada vez más, se puede alcanzar esta idea con la ayuda de los avances tecnológicos, que permiten la accesibilidad de las herramientas, que antes era imposible contar con ellas.

No está de más mencionar, que el uso de un equipo o programa no da por si, el conocimiento y la experiencia, por lo que siempre debe estar combinado con conocimiento de la materia y metodologías aceptadas internacionalmente, esto último se puede consultar con publicaciones de diversas organizaciones dedicadas a las especialidades forenses a nivel internacional, que publican avances y estándares para el estudio de casos en concreto de cada ciencia o disciplina. Las teorías expresadas en esta

investigación son un ejemplo de estándares en materia de armas de fuego y marcas de herramientas.

11. AGRADECIMIENTOS

Al experto forense Dr. Octavio Cibrián Vidrio, por su apoyo y aportación en imágenes e información.

A los peritos expertos en examen de armas de fuego y marcas de herramientas del laboratorio de balística forense de Aguascalientes, México.

Al experto forense Ing. Noé Castañeda, del área de capacitación de la Agencia de Investigación Criminal (A.I.C.) del estado de Guanajuato.

A los expertos en balística forense, en especial a J. Luis Ferrando, J. Ángel Jiménez y José Francisco Sánchez, del laboratorio de balística forense de la Guardia Civil de España.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cibrián, O. (2024). *Imagenes TEEEX*

Delgadillo, F. (2020). Teex [computer software]. México:

Departamento de Justicia de los Estados Unidos de América, OPDAT, Office of Overseas Prosecutorial Development, Assistance and Training, CJF, C. d. l. J. F., & Licenciatura en Ciencia Forense, Facultad de Medicina, UNAM. (2022). *Guías para la valoración judicial de la prueba pericial en materia de identificación humana, odontología forense, psicología forense, análisis de video digital, balística, medicina forense, criminalística de campo*. UBIJUS.

Constitución política de los estados unidos mexicanos (CPEUM), Constitución U.S.C. (1917). Recuperado de:
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

Dillon, J. H. (2008). *Firearms examiner training, module 09: Cartridge and shotshell examination*. NFSTC. https://projects.nfstc.org/firearms/module09/fir_m09.htm

Gamarra Viglione, G. A. (2014). Nociones de Identificación en Microscopía Balística. *Skopein: La justicia en manos de la Ciencia*, (4), 43–49. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4761252>

INEGI. (2023). *Integración de resultados generales servicios periciales 2023*

Jiménez, J. (2011, Dic 02). Orígenes de la balística forense. *Madridiario* <https://www.madridiario.es/noticia/210769/sucesos/origenes-de-la-balistica-forense.html>)

Juanamaria66. (2020, Sep 6). Jalisciense crea software para estudios forenses. <https://efectoezpiral.com/2020/09/06/jalisciense-crea-software-para-estudios-forenses/>

Mummery, D. (2021). Every contact leaves a trace. *British Journal of General Practice*, 71(712), 512. 10.3399/bjgp21X717569

Mundo Microscopio. (2024). *Sistema de iluminación del microscopio*. <https://www.mundomicroscopio.com>. Consultado el 11 de octubre de 2024. https://www.mundomicroscopio.com/sistema-de-iluminacion-del-microscopio/#google_vignette

Optica&nbs, & Hispania. (2024). *¿Qué tipo de iluminación es más saludable para la vista?* <https://opticahispania.es>. Consultado el 11 de octubre de 2024. <https://opticahispania.es/la-iluminacion-mas-sana-para-la-vista/>

Solana Aguilar, E. G. (2021). Cotejo por superposición de huellas dactilares usando el programa Adobe PhotoShop/Comparison by overlaying fingerprints using the adobe photoshop[R] program. *Revista Archivos de Criminología, Criminalística y Seguridad Privada*, (26), 134

300 | RLGC Vol.4 No.1 (2026), pp. 277-300

<https://doi.org/10.64217/logosguardiacivil.v4i1.8558>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-4495>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=WBPl3xEAAAAJ&hl=es>

Visionx, P., & Comac, P. (2017). *Technical comparison: Comparison microscopes VisonX, COMAC, LEEDS discovery and LCF3, leica FSM and FSC*