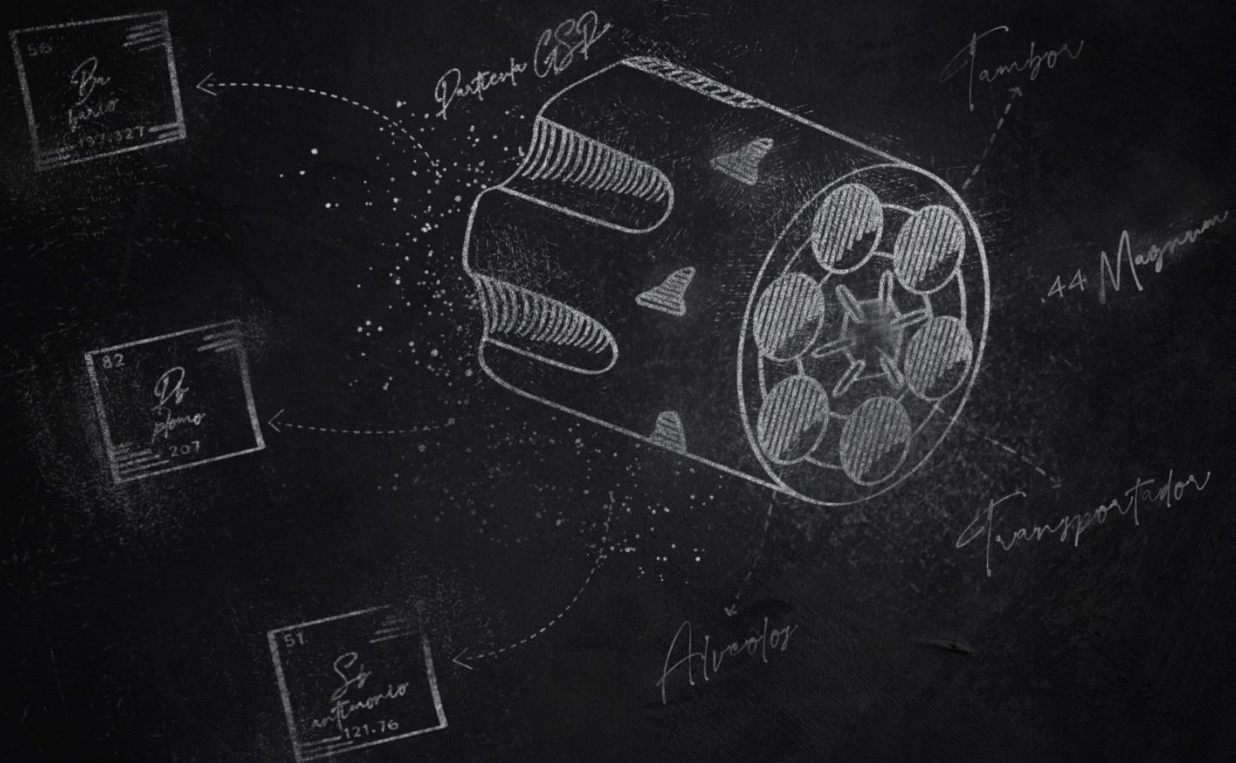


TRABAJO DE TESIS

EL COMPORTAMIENTO
DE LA PARTÍCULA GSR
(GUN SHOT RESIDUE)



UNIVERSIDAD
FASTA

LUCIANO NÚÑEZ

DOC: LIC. HERNÁN GACIO
MG. EUGENIA HUINCHULEF

INDICE

Tabla de contenido

I- AGRADECIMIENTOS.....	1
II- DEDICATORIA	3
III-RESUMEN	4
IV-ABSTRACT	6
V-INTRODUCCIÓN	8
VI-PROBLEMA	11
VII-OBJETIVOS	12
VIII-OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
IX-MARCO TEÓRICO	14
PARTE I - FUNDAMENTOS TÉCNICOS	15
PARTE II - LA PARTÍCULA GSR Y EL MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO (MEB).....	48
X-HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	62
XI-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
XII-FASE EMPÍRICA O EXPERIMENTAL.....	78
XIII-DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
XIV-CONCLUSIONES.....	112
XV-ANEXO FOTOGRÁFICO	115
XVI-BIBLIOGRAFÍA	124

I- AGRADECIMIENTOS

A mi esposa que me apoyo siempre en esta locura de volver a estudiar a los 40 años (hoy 51 y con dos hijos); al Fiscal General del Departamento Judicial Mar del Plata Dr. Fabian Uriel Fernández Garello por confiar en mí, creer en todo esto y brindarme la oportunidad y los medios.

Al que denominé "Equipo Tesista del 44 Magnum": Osvaldo Suarez por facilitarme el arma como si fuera mía, a Carlos Magnone por su paciencia para interpretar las ideas y su fundamental aporte y colaboración en la fabricación de los elementos que se utilizaron en esta investigación, a los técnicos de Casio Shop Mar del Plata: Claudio y Renato Catelani por hacer lo mismo pero con la parte de electrónica y tecnología dando siempre respuestas y soluciones a todos los desafíos que se fueron presentando, al experto en tiro practico y seguridad en manejo de armas Alberto Paranza por aportar su experticia y conocimientos en las cuestiones de seguridad e instruirme en conceptos sobre el manejo seguro del arma, a Mario Croci que se puso a mi lado a trabajar en el armado de los diferentes set para lograr los mejores registros, tanto técnicos como visuales y, por último, a FL Comunicación Visual por acompañar miles de ideas en la cabeza con locura creativa y profesionalismo.

Por último a la Lic. Mariana Etchegaray por su invaluable paciencia y ayuda durante los últimos años de la carrera, a la Universidad FASTA que me dio mucho más de lo que vine a buscar, al Info-Lab que siempre me acompaño y apoyo en todo, al Laboratorio de Microscopia de Barrido Electrónico de la Policía de la Provincia de Buenos Aires, a la directora de la Dirección de Química Legal, Comisario Mayor Marta Etcheverry, a la jefa de la División Microscopia Electrónica Comisario Inspector Silvia Valenti y, especialmente, a la Lic. en Bioquímica, subteniente María Alejandra Lucero por su profesionalismo y dedicación sin los cuales hubiera sido imposible la realización de esta tesis y a Silvio Igae por su constante apoyo técnico y científico al comienzo de la investigación. A mi prima (mi hermana) Cecilia

Añon, por ser fundamental en la adquisición de equipos que se utilizaron para los registros y ser mi “english support” durante mi carrera. Al Lic. Mártires Duran por su colaboración técnica y su amistad, al Lic. Leandro Gómez, oficial principal, jefe de la División Criminalística. Lic. Gastón Céspedes, jefe de la Sección Balística Forense, al teniente primero Juan José Lairihon, perito balístico y mecánico armero, todos de la Delegación Departamental de Policía Científica Mar del Plata y a los docentes que me enseñaron y guiaron para este trabajo: Mg. Eugenia Huinchulef y en especial a el Lic. Hernán Gacio que siempre creyó en la concreción de este trabajo, lo que para mí fue muy importante.

A todos MUCHISIMAS GRACIAS.

II- DEDICATORIA

A mis padres que me dieron todo.

A mi esposa que me banca en todo.

A mis hijos que me inspiran en todo.

III- RESUMEN

Este Trabajo de Tesis surge a partir de la visita al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires en el marco de la realización de un trabajo practico de la materia Tecnología Aplicada del último año de la carrera Licenciatura en Criminalística de la Universidad FASTA de la ciudad de Mar del Plata, donde a partir de diferentes inquietudes de los técnicos del laboratorio de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) surgidas a partir de casuística recibida de todo el territorio de la provincia de Buenos Aires, despertaron la curiosidad del investigador por conocer más sobre el comportamiento de la partículas GSR (Gun Shot Residue) y poder desarrollar un método que permita analizar cómo se desplazan por el espacio desde el momento en que se produce un disparo de un arma de fuego.

En este trabajo se pretendió establecer, como se indicó anteriormente, que sucede al momento del disparo de un arma de fuego con una partícula de 0.5 a 10 micrómetros (el tamaño de una célula) que se produce en el interior del arma en el momento justo de la ignición del fulminante o iniciador en donde, en su recamara, se generan condiciones de extrema presión y temperatura, logrando fusiones de elementos presentes en la composición del fulminante que solo se dan bajo estas condiciones físico-químicas, siendo que ninguna otra actividad humana las genera ni tampoco se conocen en estado natural con estas particularidades.

Para dar un primer paso de aproximación sobre el comportamiento de esta partícula tan especial, se tomó como guía un caso real del que el investigador tomo conocimiento; sucedido en el año 2015 en la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, en donde una mujer fallece a raíz de un disparo de arma de fuego y la investigación concluyó que fue un suicidio. Las heridas eran compatibles con la etiología planteada y la mecánica del hecho pudo ser reconstruida, siendo también positivo el resultado del test de GSR realizado en las manos de

la víctima. Sin embargo, una parte de la investigación siguió otro camino de acuerdo a testimonios recogidos a familiares y allegados en donde se creía inverosímil la conducta suicida de la víctima y, además, se planteaba un escenario de violencia de género con una ex pareja, situación que llevo a una parte de la investigación penal a tomar en cuenta la posibilidad de una etiología homicida, en donde la victima pudo haber intentado una maniobra defensiva agarrando el cañón del arma (un revólver calibre 38 largo) y ahí recibir el disparo, actuando su cuerpo como un telón interpuesto, generando la retrodispersión de la nube de gases que expulsó el arma tras la salida del proyectil, depositando las partículas de GSR en sus manos en el lugar exacto característico donde habitualmente quedan cuando se dispara un arma de fuego, en el dorso y palma de las manos de los dedos pulgar e índice.

Con este escenario planteado, se recrearon en laboratorio las condiciones de este disparo, interponiendo un telón para generar la retrodispersión de la nube de gases y así poder comprobar o no, la hipótesis planteada sobre el desplazamiento de la partícula GSR en sentido contrario a la dirección del proyectil y la nube de gases que sale por la boca del cañón.

Se realizó el disparo, tomando muestras de GSR con el *stub* de un kit de recolección en un colector puesto en la posición en donde estarían las manos de la mujer que falleció en el hecho y se mandaron a analizar al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires.

Se tomaron registros fílmicos y fotográficos que ilustran el momento del disparo y el fenómeno de producción de gases y su comportamiento.

Palabras clave: GSR - primer - iniciador - fulminante - revolver – retrodispersión – gases – telón – partícula – comportamiento – presión – temperatura – fusión

IV- ABSTRACT

This Final Thesis arose from a visit to the Laboratory of Electronic Microscopy of the Police of the Province of Buenos Aires during the completion of an Applied Technology course taken for completion of a Master's degree in Criminalistics at the University FASTA of the city of Mar del Plata. As a result of different concerns expressed by the technicians of the Scanning Electronic Microscopy Laboratory (SEM) regarding casuistry received from the entire territory of the province of Buenos Aires, this researcher's curiosity was piqued and led to the impetus to learn more about the behavior of GSR (Gun Shot Residue) particles, and to develop a method that would permit analysis of how they move through space from the moment a firearm is shot.

In this study, the aim was to establish, as indicated above, what occurs at the moment that a firearm is fired when a particle of 0.5 to 10 micrometers (the size of a cell) is produced inside the chamber of the weapon. At the the ignition of the primer or initiator in the weapon's chamber, conditions of extreme temperature and pressure are generated which cause fusions of elements present in the composition of the primer. These particular fusions possess unique and specific characteristics that occur only under these physical-chemical conditions and are not produced by any other man-made or natural activity.

As an introductory example of the behavior of this very special particle, a real case of which the researcher became aware was taken as a guide. In 2015 in the city of Rosario, Santa Fe province, a woman died as a result of a firearm shot, and the investigation concluded that it was a suicide. The wounds were compatible with the etiology proposed and the mechanics of the event could be reconstructed due to the positive GSR test carried out on the victim's hands. However, the investigation followed another path subsequent to testimonies collected from relatives and close friends that suggested that the victim's suicidal behavior was unlikely and, in addition, a background of domestic violence with an ex-partner was raised. This information led to the criminal investigation to take into account the possibility of a homicidal

etiology, where the victim could have attempted a defensive maneuver by grabbing the barrel of the weapon (a long 38 caliber revolver) with her hand and receiving the shot in her body which acted as an interposed barrier, and generating a counter, backscatter of the weapon's expelled gas cloud which deposited the GSR particles in her hands in the exact place where they usually remain when a firearm is fired, on the back and palm of the hands of the thumb and index finger.

With this proposed scenario, the conditions were recreated in a laboratory, interposing a barrier to generate the backscattering of the gas cloud and thus be able to verify or not, the hypothesis raised about the displacement of the GSR particle in the opposite direction to the direction of the shot.

Keywords: GSR – primer – gun – backscatter – particle – gases – pressure – temperature – fusion

V- INTRODUCCIÓN

Esta tesis se trató de la búsqueda de un primer conocimiento o aproximación al comportamiento de la partícula conocida como GSR (Gun Shot Residue), la cual se utiliza de manera efectiva en todo el mundo por las dependencias encargadas de la investigación científica en las áreas de la criminalística, más precisamente la balística, para comprobar la existencia de un disparo de arma de fuego, siendo una prueba fundamental su sola presencia en víctimas o victimarios debido a que la misma no existe en estado natural ni se conoce otra actividad humana que la pueda generar que no sea un disparo con un arma de fuego.

Para ello, en primera instancia, se intentaron recrear lo mejor posible y, con las limitaciones de no haber podido conseguir información técnica como podría haber sido un informe de autopsia, las condiciones objetivas del hecho que guio esta investigación, como el tipo de arma, la presencia de un telón interpuesto, y la distancia que, desde la boca del cañón al telón, surge de las posibilidades de la víctima de empuñar un revólver calibre 38 largo, apuntándose a sí misma sin apoyar la boca del cañón sobre su cuerpo, lo que da una distancia no menor a 20 cm ni mayor a 25 cm desde la boca del cañón al orificio de entrada o el plano perpendicular del telón interpuesto.

También se hizo especial énfasis en el armado de un escenario o condición de laboratorio que permitió reproducir una dinámica de los hechos lo más parecida posible a la planteada por la línea investigativa que quedó descartada en la resolución del caso, calculando las distancias en base a los datos disponibles y fijándolas a través de un dispositivo creado exclusivamente para la experiencia empírica, denominado Banco de Puntería Fija (BPF), que permitió fijar el arma en la distancia y posición correcta con respecto al plano del telón interpuesto. Por último, la utilización de un arma que, si bien no es del mismo calibre que la utilizada en el hecho, es de mayor potencia y garantizó una excelente producción de gases, lo que favoreció las condiciones de estudio; respetando el largo del cañón que es

similar y admitió la colocación de un colector que, en la posición que habrían estado las manos de la víctima, permitió el levantamiento de muestras de su superficie a través de un *stub*¹ para GSR para ser analizado en un MEB comprobando si se depositaron o no partículas de GSR que llegarían con la nube de gases retrodispersada por la acción del impacto con el telón interpuesto una vez producido el disparo con el arma de fuego.

El aporte de esta tesis a la Criminalística consiste, como se dijo anteriormente, en ofrecer una primera aproximación al conocimiento del comportamiento de una partícula que, por sus características físicas, de por sí dificulta hasta el punto de hacer imposible su observación en movimiento tanto a ojo desnudo o con cualquier medio óptico o tecnológico hasta ahora conocido, lo que se presenta como un desafío el hecho de poder crear métodos o escenarios que permitan reconstruir, aunque sea en un segundo tiempo o momento posterior, el recorrido o desplazamiento que gran parte de estas partículas realiza al momento de dispararse un arma de fuego.

En cuanto a los problemas planteados en esta tesis se enuncian los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Es posible determinar un comportamiento general de la masa de partículas GSR producidas en un disparo de arma de fuego siendo que es imposible su visibilización en tiempo real con cualquier método conocido hasta el momento en que se está realizando esta investigación?
2. ¿Puede funcionar un telón interpuesto como una barrera física para una partícula microscópica y cambiar drásticamente su trayectoria?

¹ Disco colector que se encuentra ensamblado en la tapa del kit de recolección de partículas GSR, posee un adhesivo en su superficie en el que se adhieren las partículas y tiene la particularidad de ser conductivo para poder interactuar con los electrones del MEB.

3. Los gases producidos y expulsados a gran presión y alta temperatura ¿tienen la capacidad de vulnerar la acción del telón interpuesto a través del orificio de entrada del proyectil y continuar su recorrido con las partículas o estas siguen otras trayectorias?

4. ¿Se puede asociar de manera directa a la nube de gases emanada y que, si es visible, con la presencia certera de partículas GSR? ¿Es posible hacerlo desde registros fotográficos o filmicos?

VI- PROBLEMA

- ¿Se pueden determinar las trayectorias de estas partículas microscópicas en un escenario tan caótico como lo son los fenómenos físicos y químicos que se producen al disparar un arma de fuego?
- ¿Es posible crear un método para determinar el comportamiento de la partícula que en el futuro permita hacer algún tipo de modelado de acuerdo a las variables que se apliquen, como pueden ser tipo de arma, calibre, condición ambiental, etc.?

VII- OBJETIVOS

- Poder tener una primera aproximación al comportamiento de la partícula GSR
- Entender que pasa ambientalmente con esta partícula tan importante para la criminalística, pero de tan difícil observación.
- Mejorar los registros fílmicos y fotográficos de disparos de arma de fuego en condición de laboratorio con el fin de poder encontrar nuevas herramientas de análisis.

VIII- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Empezar a tener una primera versión de un método que permita hacer en el futuro un modelado del comportamiento de la partícula GSR de acuerdo a las variables que afectan el desplazamiento de las mismas.
- Trabajar en los registros fílmicos con todos los medios disponibles e intentar encontrar una relación entre los registros obtenidos con los resultados del análisis de la muestra.
- Intentar generar nuevas herramientas de análisis que permitan su aplicación en la casuística.

IX- MARCO TEORICO

Este punto del Trabajo de Campo, lo dividiremos en dos partes.

En la primera de ellas nos referiremos a los **FUNDAMENTOS TECNICOS** de esta tesis que incluirá reseñas del método científico, la evidencia física, el principio de intercambio enunciado por Locard en que se basa la importancia para la criminalística del levantamiento de los residuos de disparo de arma de fuego. Las armas de fuego, su definición. El revolver, definición, clasificación dentro de las armas de fuego, funcionamiento, características. El calibre .44 magnum, características, reseña histórica del calibre, fundamentos técnicos de su elección para la realización de esta tesis. El cartucho, su definición, composición y características del .44 S&W Magnum, el primer o iniciador y su importancia en la formación de la partícula en que se basa esta investigación. Por último, nos referiremos al kit de recolección de partículas GSR, sus características y funcionamiento; explicaremos su utilización, las virtudes y limitaciones del mismo.

En la segunda haremos un recorrido técnico sobre el elemento que hace de protagonista en este ensayo: **LA PARTICULA GSR**. Daremos su definición, los diferentes tipos, su composición química. La partícula consistente y la partícula característica. Su importancia en la criminalística, su unicidad: el significado de su presencia en una escena de crimen, su formación, sus particularidades morfológicas. También nos enfocaremos en su detección y observación. **EI MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO (MEB)** la llegada del MEB, su utilidad, funcionamiento, fundamentos técnicos y su complementación con la sonda EDS (Energy Dispersive Spectrometer) para lograr el análisis cualitativo de las muestras y lograr la confirmación de la detección de la partícula, situación que cobra vital importancia en el uso de este recurso en el accionar de la justicia y sus auxiliares técnico – científicos.

PARTE UNO: FUNDAMENTOS TECNICOS

La criminalística, como una disciplina que se apoya en la investigación de las evidencias materiales, ha ido incorporando desde sus orígenes hasta la actualidad, el aporte de los conocimientos, métodos y técnicas de la investigación, principalmente de las ciencias naturales, para la búsqueda, descubrimiento y verificación científica de los hechos que investiga como auxiliar de la justicia y de la determinación de sus autores.

Es por esto que, en esta parte del marco teórico, vamos a repasar algunos conceptos que esta investigación toma en cuenta debido a que, la misma, refiere a un tipo de evidencia física muy particular por su microscópico tamaño y complejidad en su estudio, pero que es un objeto de estudio de la criminalística dentro de una de sus ramas más tradicionales: la balística forense; y que, obviamente, se guiará con el método científico como norte metodológico para arribar a los resultados.

➤ **EL METODO CIENTIFICO**

Desprendido de los esfuerzos de muchos trabajadores sobre el curso de varios miles de años, el método científico es una forma de observar, pensar y resolver problemas, objetiva y sistemáticamente.

El ser humano observa y de la observación se formulan juicios y se construyen hipótesis de posibilidad que se someten a un procedimiento inductivo-deductivo para saber si son válidas. Un conjunto de hipótesis forma una teoría; un conjunto de teorías validas forma una ley; por último, un conjunto de leyes validas constituye una ciencia.

Para llegar a la ciencia se recurre a la investigación profunda y sistemática que se obtiene a través de una metodología.

Su uso no está limitado a los científicos, no es otra cosa que la expresión del modo necesario de trabajo de la mente humana. Es, simplemente, el modo por el cual todos los fenómenos son razonados y suministrados en forma precisa.

Antes de dar un concepto del método científico en investigación criminal, ciertos términos requieren definición. Ellos son: *inducción*, *deducción*, *clasificación*, *síntesis*, *análisis*, *hipótesis*, *teoría*, *a priori* y *a posteriori*.

- Inducción es un proceso de razonamiento basado en un conjunto de experiencias u observaciones (particulares) del que se desprende una conclusión o generalización. Comienza con lo específico y va hacia lo general. No obstante, lo expresado, debe ejercitarse el cuidado. Consideremos como ejemplo a un hombre que nota que, de las 10 especies de pájaros observados, todos son capaces de volar; cuando induce de esta observación que todos los pájaros vuelan, se equivoca; aunque no siempre reconocido como tal, el pingüino es un pájaro. Podemos dar numerosos ejemplos similares y, finalmente, llegaremos a la conclusión de que la inducción puede operar con probabilidades, no con certezas. Sin embargo, cuando está integrada a toda una vida, la experiencia inductiva es un importante componente del así llamado "sentido común", que supuestamente gobierna el comportamiento humano.
- Deducción es un proceso de razonamiento que comienza con una generalización o una premisa, y por medio del esmero el pensamiento sistemático se desplaza hacia un hecho particular o consecuencia. Por ejemplo, si uno comienza con la afirmación de que "todas las personas convictas por un crimen de envergadura son delincuentes de mayor cuantía" (la premisa mayor), y luego agrega José fue convicto por un crimen de

envergadura" (la premisa menor), puede deducirse que "José es un gran delincuente" (la conclusión). Es un silogismo, una forma de razonamiento deductivo que se mueve de lo general a lo específico. Si la premisa original es válida, las consecuencias lógicas lo deben ser también. En lógica (la ciencia del razonamiento correcto), la deducción lleva a certezas y no a probabilidades; en investigación criminal, la generalización no puede ser formulada tan precisamente como para considerarla siempre válida.

- Clasificación es la disposición sistemática de objetos en categorías (grupos o clases), basada en rasgos o características compartidas. Los objetos en cada categoría, que tienen una o más características en común, son elegidos para que se acomoden a los propósitos del clasificador. Puede ser natural (de acuerdo con el orden observado de las cosas), lógica, o hasta puramente arbitraria. La ciencia de la calificación se llama "taxonomía". La biología ha desarrollado una taxonomía para clasificar organismos; la química, para analizar compuestos; las fuerzas de seguridad, para archivar impresiones digitales, proyectiles, pinturas de automóviles, etcétera.
- Síntesis es la combinación de partes o elementos separados. Con fines de investigación criminal, son los elementos que, cuando se combinan, proveen una visión coherente del crimen y su solución, como, por ejemplo, la evidencia provista por testigos, exámenes forenses, y los hechos dados a luz por los registros/archivos.
- Análisis, comienza con el todo (ya sea una sustancia material, un pensamiento o una impresión), y luego involucra un esfuerzo para separar el todo en sus partes constitutivas para estudio individual. Por consiguiente, al estar asignado a la investigación de un crimen, el investigador procura información relevante

de tres fuentes separadas: gente, registros/archivos, y la evidencia física encontrada en el lugar del hecho.

- Hipótesis es una conjetura que provisionalmente cuenta para un conjunto de hechos. Puede emplearse como la base para una investigación adicional, y como una guía para futura actividad. Dado que es una aserción o conjetura tentativa sujeta a verificación, se requiere la búsqueda de más evidencia. La hipótesis puede requerir, en algún momento del tiempo, que se la ajuste, provocando que la investigación o averiguación tenga que cambiar de dirección. A medida que se acumula y es analizada la información, la hipótesis se mueve hacia la próxima fase de prueba, una teoría.
- Teoría es como una hipótesis verificada, un esquema de pensamiento con presunciones escogidas para que se ajusten al conocimiento empírico u observaciones. Como teoría se vuelve más sólida a medida que la evidencia se acumula, evoluciona en una organización metodológica de conocimiento aplicable a cualquier número de situaciones. Debería predecir o, de otra manera, explicar la naturaleza de un conjunto especificado de fenómenos. La teoría última presenta un gran esquema conceptual que predice y explica, mientras mantiene las presunciones en tan pocas y generales como es posible. En ciencia, la última a menudo se logra; en investigación criminal, lo mejor que se puede esperar en los tiempos presentes es algo menos decisivo, algo así como una hipótesis verificada.
- A priori (del latín): con anterioridad, desde antes. Demostración que consiste en descender de la causa al efecto o de la esencia de las cosas a sus propiedades): de una causa conocida a un efecto necesario relacionado; de una ley general a una instancia particular. En algunas ocasiones, las conclusiones a priori se alcanzan a través del razonamiento de principios

asumidos. De esta manera, es deductivo y teórico más que basado en la experimentación o la experiencia.

- *A posteriori* (proviene del latín): indica que se ha ejecutado un acto o realizado un suceso, después de conocer otro al que se refiere. Es un término que denota razonamiento desde hechos empíricos o particulares (adquiridos a través de la experiencia o el experimento) hacia principios generales; o, desde efectos a causas. Es inductivo.

También nos es necesario definir la palabra *ciencia*, de la cual diremos que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible.

Dicho todo esto, vamos a decir que, el método que sigue la ciencia natural para su investigación se llama científico y en su aplicación por lo general se cumple con la sucesión de cinco pasos fundamentales:

1. La observación: En la observación de hechos, fenómenos e indicios, se utilizan los 5 sentidos para obtener información indiciaria útil para buscar la razón de lo que se inquiere. La acción de la observación puede considerarse como una información deliberada, sistemática y dirigida hacia un objetivo firme y definido, encaminado a proporcionar el conocimiento de lo que se busca. La observación se aplicación métodos y es apoyada por instrumental científico.
2. El problema: El planteamiento del problema se circunscribe a interrogantes establecidas provenientes de los hechos, fenómenos o indicios observados. El científico, en su empeño por reconocer lo que observa, se formula varias preguntas encaminadas a plantear el problema en forma objetiva:
 - ¿Qué sucedió?
 - ¿Cómo sucedió?

- ¿Dónde sucedió el hecho?
 - ¿Cuándo sucedió el hecho?
 - ¿Con que se realizó el hecho?
 - ¿Por qué sucedió el hecho?
 - ¿Quién realizo el hecho?
3. La hipótesis: La formulación de una hipótesis es una explicación condicional que intenta predecir el desarrollo del fenómeno o hecho ocurrido. Se estima que la hipótesis como sean necesarias, pero cada una con los procedimientos adecuados para llegar a la explicación correcta del fenómeno o hecho. La hipótesis seleccionada deberá probarse con la experimentación y si no es válida se desecha y se formula una nueva, pero las hipótesis desechas marcan el camino y sumisita mejores conocimientos para llegar a la conveniente.
4. La experimentación: La experimentación es el medio de reproducir o provocar de mara deliberada los hechos o fenómenos las veces que sea necesario con el fin de observarlos, comprenderlos y coordinarlos con las experiencias y con las hipótesis establecidas. En la experimentación, las buenas conclusiones científicas proporcionan el marco de la validez y fiabilidad en la comprobación para determinar teorías, leyes o principios, y explicar el o los problemas planteados y en su caso, para establecer las conclusiones de un asunto en lo particular.
5. La teoría, ley o principio: La teoría, ley o principio es el resultado final y de probable aplicación universal, producto de experimentaciones repetidas, positivas y generales en el estudio de hechos, fenómenos o indicios que colocan la base para la explicación científica del asunto que se investiga. Las teorías aceptadas como válidas pueden formar una ley o un principio general,

el cual se aplica en la ciencia en estudio y además las leyes o principios sirven como fundamento para nuevas investigaciones, aunque no se aceptan infalibles por completo, ya que nuevos fenómenos o hechos y nuevos elementos para producirlos pueden provocar la invalidez y cambio de una ley o principio establecido y modificar u originar otra.

Cerrando el concepto del método científico en la criminalística es factible reafirmar que el objetivo material u objeto de estudio de la Criminalística es el análisis de los indicios o las evidencias físicas que se utilizan y se producen en la comisión de hechos presuntamente delictuosos mediante tecnología y metodología científica; aportados por cada una de las disciplinas científicas que integran la criminalística general.

➤ **LA EVIDENCIA FÍSICA**

La evidencia empleada para resolver un hecho puede dividirse en dos áreas: testimonial y física; la primera sería la que proviene de cualquiera que haya presenciado un incidente. LA EVIDENCIA FISICA es todo indicio que, analizado pericialmente, se relaciona con el hecho que se investiga. La evidencia es, por lo tanto, la certidumbre patente, clara y perceptible. Nadie puede, racionalmente, dudar de ella ya que solo puede obtenerse después de la observación y medición de los acontecimientos.

Entonces, se considerará EVIDENCIA FISICA a cualquier objeto, olor, marca o impresión, sin importar su tamaño, que pueda ayudar al investigador en la reconstrucción del crimen, conllevar a la identificación de su autor, proveer una relación entre un crimen y su víctima, o un crimen y su perpetrador. Puede ser tan grande como una casa, pequeña como una fibra, o ingeniosa como una fragancia.

¿Qué hará la evidencia recolectada en el lugar del hecho por la investigación?

- a) puede probar que se ha cometido un delito
- b) establecer cualquier elemento clave del hecho
- c) unir a un sospechoso con la escena o la víctima
- d) establecer la identidad de una víctima o de un sospechoso
- e) corroborar el testimonio verbal de un testigo
- f) exonerar al inocente;

La evidencia física, normalmente, es más digna de confianza que el testimonio de testigos y constituye un importante aliado para el investigador. Hoy, más que nunca, la justicia pone énfasis en ello para determinar la culpabilidad o la inocencia de un sospechoso. Cuando esta evidencia está adecuadamente manejada e introducida en el proceso judicial, se convierte en una herramienta muy poderosa para resolver los hechos investigados. El Lic. Carlos Guzmán se refiere a la potencia de la evidencia física como medio de prueba por encima del testimonio de testigos, víctimas o confesiones diciendo que *“la evidencia física, finalmente, es normalmente inanimada y provee realidades o hechos imparciales; se ha dicho repetidas veces que constituye el testigo mudo del evento. Se la utiliza con eficacia puede superar una serie de afirmaciones conflictivas y confusas ofrecidas por testigos que observaron el mismo incidente al mismo tiempo.”*¹

En casi todos los casos, el delincuente dejará o se llevará alguna evidencia física. Esta evidencia puede requerir algún proceso de laboratorio para ser reutilizable en la investigación o en el proceso judicial.

¹ Carlos A. Guzmán, **Manual de Criminalística**, Buenos Aires, Ediciones La Rocca, año 2000, pag.39

La evidencia física, a menudo, juega varios roles importantes en el proceso judicial:

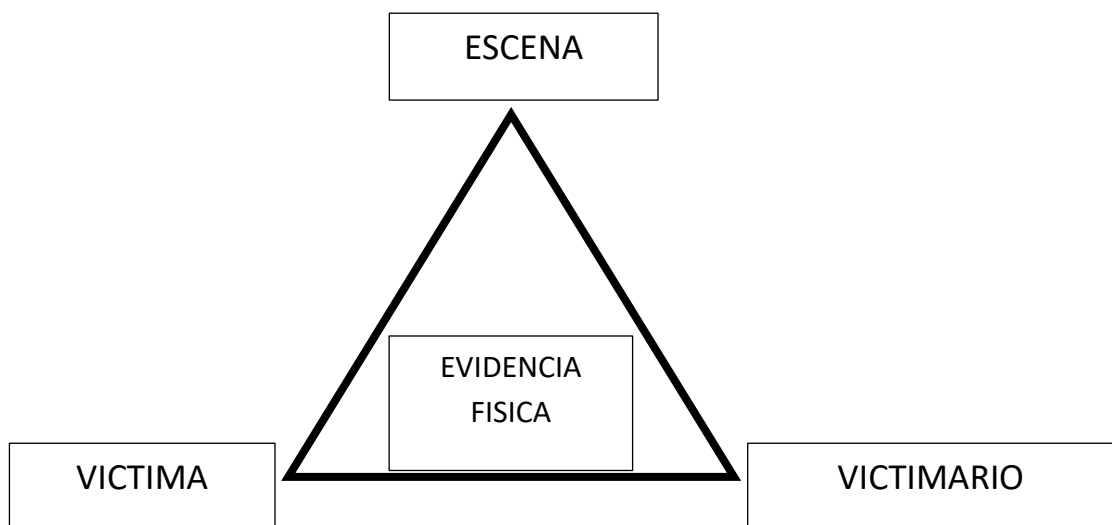
- a) ayuda a establecer los elementos del crimen
- b) ayuda a reconstruir el hecho o su escenario
- c) puede ayudar a asociar o disociar demandados con delitos
- d) puede hacer prueba por la verdad o falsedad de un alegato.

Algunos beneficios adicionales y/o expectativas de la evidencia física son:

- ✓ un sospechoso que es confrontado con la evidencia física puede confesar
- ✓ puede emplearse para corroborar el testimonio de algún testigo.

➤ EL TRIANGULO DE LA EVIDENCIA FÍSICA

El triángulo de la evidencia, a través de la evidencia física, establece una conexión entre las varias facetas de la escena del crimen, la víctima y el sospechoso. Todos estos componentes deben estar conectados para una resolución exitosa del caso.



➤ EL PRINCIPIO DE INTERCAMBIO

Basados en el Principio de Intercambio de Edmond Locard, podemos decir que "cada contacto deja su rastro". La base para el análisis de rastros en las Ciencias Forenses es la aseveración antes indicada, expresada en el año 1910 por el criminólogo francés del que se hiciera mención.

Dado que el contacto físico aparece en casi todos los crímenes/delitos, el análisis de las evidencias de rastros o huellas juega un papel crucial en la investigación de la escena del crimen.

Nadie puede ingresar a un ambiente/entorno determinado sin dejar algún rastro de su presencia y sin llevarse un rastro de ese ambiente/entorno (p. ej., la escena de un delito). Dice Juventino Montiel Sosa al respecto *"no hay delincuente que a su paso por el lugar de los hechos no deje atrás de si alguna huella aprovechable, y cuando no se recogen evidencias útiles en la investigación, la verdad es que no se ha sabido buscarlas en virtud de que casi siempre se manifiesta un intercambio de indicios entre el autor, la víctima y el lugar de los hechos"*.¹ Como ejemplo de intercambio, en nuestro caso particular, tenemos las partículas GSR tanto en las manos de un tirador como también podrían estar en la víctima y en la escena de crimen, siendo la evidencia irrefutable, de la producción de un disparo con un arma de fuego.

¹ Juventino Montiel Sosa, **Manual de Criminalística 1**, México DF, año 1991, cuarta edición, pág., 50

➤ LAS ARMAS DE FUEGO

Para hablar de las armas de fuego primero deberíamos ampliar el contexto yendo a lo general en la materia lo que sería empezar definiendo que es un arma, tanto en su acepción literal como algunos conceptos jurídicos que nos irán introduciendo a la acepción del arma de fuego que dicta la ley argentina que es el que reviste mayor importancia para este ensayo.

La Real Academia Española (RAE) ofrece más de diez definiciones del término arma. Para nosotros tiene relevancia la primera de ellas, en la que la academia define un arma como un *“Instrumento, medio o máquina destinados a atacar o a defenderse.”*¹ Esta definición es demasiado abarcativa puesto que incluye en sus términos cantidad de dispositivos, objetos, artes, etc. que no son del interés de esta investigación; ya que solo las armas de fuego son capaces de producir las partículas que estamos estudiando. En una segunda instancia, podemos encontrar el concepto del Dr. Adolfo Prunotto Laborde como *“Todo elemento que aumente el poder ofensivo del sujeto activo del injusto, sea tal su destino o no”*; separando o distinguiendo a las propias como aquellas destinadas a dañar o herir a las personas y las impropias como las que se transformaron en arma aun cuando no fueron destinadas o su uso normal no era el de herir o dañar a alguien.

Sin embargo, hasta acá, no arribamos a la definición que necesitamos ya que la única arma que es capaz de generar la partícula que estamos estudiando es el arma de fuego por lo que necesitaremos una acepción más específica para los fines de esta investigación, que la podemos encontrar en el Manual de Identificación y Rastreo de Armas de Fuego (MIRAF) creado por el Registro Nacional de Armas (RENAR) y que

¹ RAE, *Diccionario de la lengua española*, <https://dle.rae.es/arma>

en la actualidad se denomina Agencia Nacional de Materiales Controlados (ANMaC). En este nomenclador que fue creado *“para definir términos, normas y procedimientos para el reconocimiento, identificación y solicitudes de rastreo de un arma de fuego ante el RENAR.”*¹ en los términos de la Ley de Armas 20.429/73 y su Decreto Reglamentario 395/75, define al arma de fuego como *“la que utiliza la energía de los gases producidos por la deflagración de las pólvoras, para lanzar un proyectil a distancia.”*²

Desde esta definición, que nos introduce de lleno en las armas de fuego que son las que producen la partícula objeto de nuestro estudio, vamos a ir al revolver, que fue la elegida para esta investigación.

➤ EL REVOLVER

El revolver, por definición, la podemos indicar como *“el arma de puño, que posee una serie de recámaras en un cilindro o tambor giratorio montado coaxialmente con el cañón. Un mecanismo hace girar el tambor de modo tal que las recámaras son sucesivamente alineadas con el ánima del cañón. Según el sistema de accionamiento del disparador, el revólver puede ser de acción simple o de acción doble.”*³.

Es un arma de fuego que, dentro de las clasificaciones de las armas de fuego, la podemos clasificar como un arma:

¹ RENAR, **Manual de Identificación y Rastreo de Armas de Fuego – Versión 03**, anmac.gob.ar

² Poder Ejecutivo Nacional, **Decreto 395/75 reglamentación Ley de Armas y Explosivos 20.429/73**

³ IBID

- ✓ Portátil: son de fuego o de lanzamiento que puede ser normalmente transportada y empleada por un hombre sin ayuda animal, mecánica o de otra persona.
- ✓ De puño o corta: son de fuego portátil diseñada para ser empleada normalmente utilizando una sola mano sin ser apoyada en otra parte del cuerpo.
- ✓ Semiautomática: son de fuego en la que es necesario oprimir el disparador por cada disparo y en la que el ciclo de carga y descarga se efectúa sin la intervención del tirador.

En cuanto a su funcionamiento, podemos decir que es un arma con un sistema de disparo totalmente mecánico. La pieza que da inicio al circuito cuando se dispara el arma es la *cola del disparador*, ofreciendo dos opciones de funcionamiento de acuerdo al sistema que utiliza el revolver.



Cola del disparador protegida por el arco guardamonte. Fuente: elaboración propia.

El primero de ellos se conoce como de acción simple y refiere a que, el arma, permite la posibilidad de montar el *martillo* venciendo la resistencia del *muelle real* dejándolo en posición de amartillamiento con la *cola del disparador* con parte del recorrido realizado reteniendo a aquel con una *uña* que se inserta en una *muesca o fiador* en forma de “L” en el *martillo* también conocida como *diente de disparo*, permitiendo la acción simple en la que el tirador, con una mínima fuerza de tracción sobre la cola del disparador de alrededor de 1500 gramos para vencer la resistencia, hará que el martillo se accione cayendo con o sobre el *percutor* (de acuerdo al sistema del revolver si tiene o no el percutor en el martillo) e iniciando el *primer* que contiene el cartucho ubicado dentro de la *recamara o alveolo* del *tambor* que se encuentra alineada/o coaxialmente con el cañón.

El segundo de los sistemas es el conocido como de acción doble y, a diferencia del primero, no permite que el martillo quede montado, siendo este, solo accionado por la fuerza de tracción que ejerce el tirador sobre la cola del disparador de unos 3000 gramos que será la que lleve el martillo hacia atrás a través de una *leva de acción doble o fiador de la doble acción* y lo lance hacia adelante impactando con el *percutor* el *primer* o *iniciador* del cartucho.

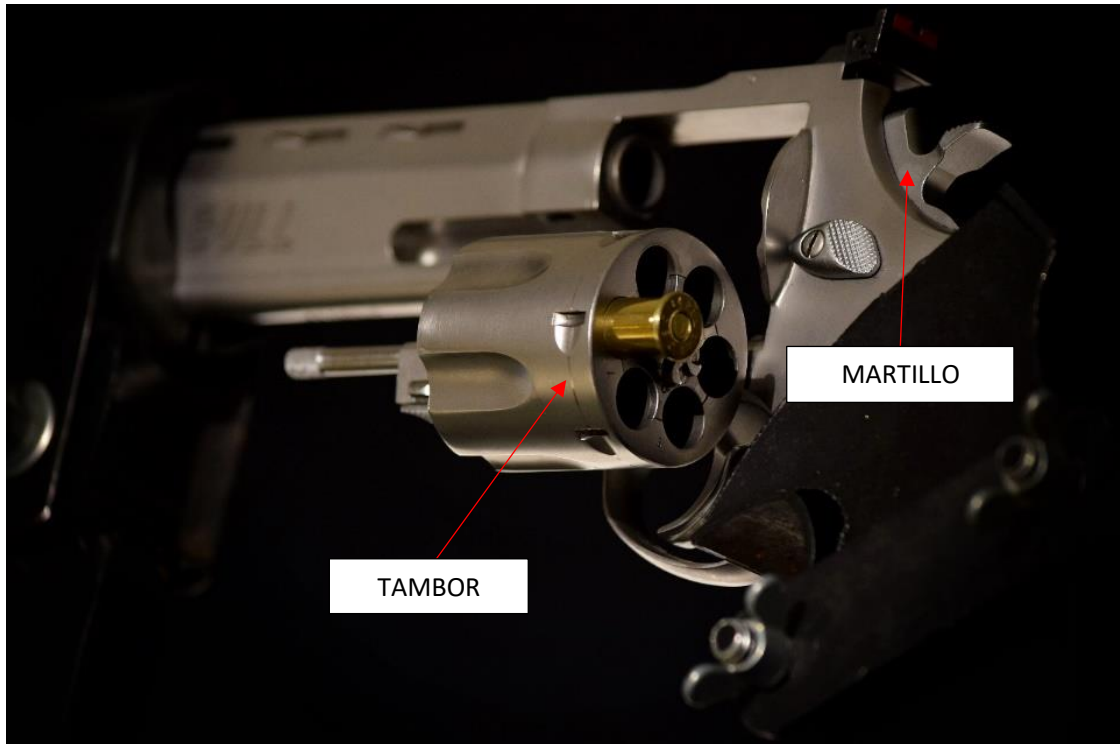
Este sistema hace que la acción del disparo no sea tan sensible al tirador debido a la necesidad de ejercer más fuerza de tracción sobre la cola del disparador para poder vencer la resistencia del muelle real que acciona el martillo con o sobre el percutor, haciendo que sea más difícil la puntería con el arma.



Se observa el arma preparada en acción doble, con el martillo en posición de reposo o adelantada. Esta forma de disparar dificulta la posibilidad de hacer puntería. Fuente: elaboración propia.

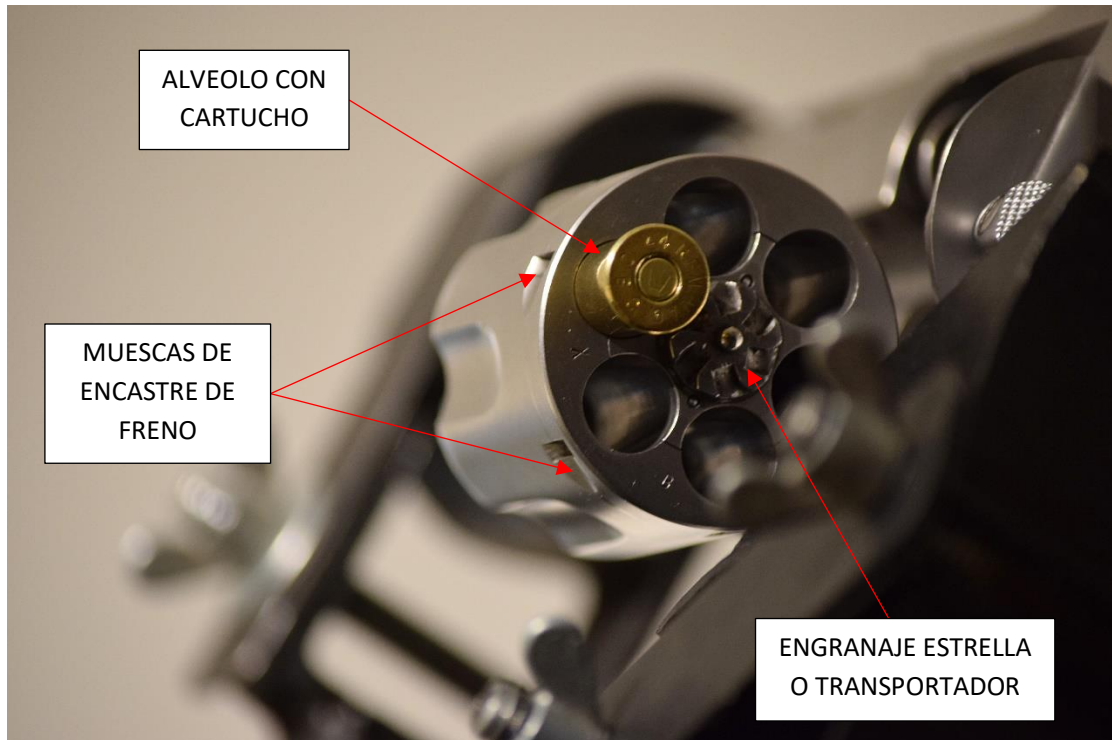
Durante el desarrollo de la etapa empírica de esta investigación, el revolver fue utilizado en acción simple, montando el *martillo* de forma manual antes de cada disparo.

El *martillo*, es otra pieza fundamental ya fue mencionada y que, generalmente, posee el percutor, pero no en todos los casos. Toda esta pieza es observable en el exterior del arma. Su fisonomía muestra una especie de cresta o espuela que funciona de manera ergonómica para poder rebatirlo con el dedo pulgar de la mano que sostiene el arma.



Revolver con tambor rebatido. Fuente: elaboración propia.

Siguiendo con las piezas externas, el *tambor* es la pieza más característica y representativa de este tipo de armas y su función es la de almacenar los cartuchos en sus recamaras conocidas como *alveolos*, el cual, por medio de un mecanismo interno de engranaje llamado *estrella* o *transportador*, posibilita el giro del mismo a la posición de alineación coaxial de un alveolo con el cañón del arma y fijándolo e inmovilizándolo con las *muescas de encastre del freno* para producir el disparo y la salida del proyectil. Es muy importante su composición, principalmente para armas como la .44 Magnum utilizada en esta investigación, debido a que debe soportar las presiones extremas que se genera al momento de iniciarse a partir de la acción del *percutor* sobre el primer del cartucho.



Revolver con tambor rebatido. Se pueden observar diferentes componentes del tambor y su mecanismo. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a sus características, los revólveres no poseen seguros exteriores que puedan ser accionados por el tirador. Sin embargo, es un arma muy segura en un estado de normal funcionamiento, de muy difícil accionamiento accidental, debido a que, para disparar, no es suficiente con la simple caída del martillo; siempre es necesario accionar la cola del disparador. Otra característica particular de los revólveres es que, al momento de accionar el martillo, la recámara que está alineada, no es la que va a generar con un cartucho el disparo, sino que lo hará la inmediatamente contigua a ella, sea de la izquierda o la derecha, de acuerdo a si el tambor del revolver gira en sentido horario o anti horario. El profesor universitario José Zuluaga, en su Manual de Criminalística, se expresa sobre la seguridad del revolver diciendo: *“Un revolver de calidad corriente y en buen estado, nunca puede dispararse*

solo; nadie, dentro de circunstancias normales, puede decir que se le 'fue' un tiro. Siempre es necesario oprimir el disparador"¹

➤ **EL CALIBRE .44 SMITH & WESSON (S&W) MAGNUM:**

En esta investigación se utilizó un revolver marca Taurus, modelo Raging Bull calibre .44 S&W magnum (en adelante .44 Magnum) con cañón de 8.375 pulgadas (21.27 cm) de largo.



Revolver Taurus Raging Bull .44 Magnum, 8.375' largo de cañón. Fuente: elaboración propia.

Este calibre, desde su creación y durante muchísimo tiempo, ostentó el título de ser el calibre más potente para armas cortas o de puño fabricado comercialmente. Recién con la aparición de nuevos calibres como el .454 Casull o los más recientes .480 Ruger

¹ José Guillermo Hincapié Zuluaga, **Manual de Criminalística**, Santa Fe de Bogotá – Colombia, editorial ABC, año 2000, pág. 46

o el .500 S&W (Smith & Wesson) su reinado parece haber llegado a su fin, aunque no en la preferencia de los usuarios de este tipo de calibres extra potentes, que lo siguen eligiendo siendo aún el más popular de los de venta comercial.



Partes revolver Raging Bull .44 Magnum utilizado en la investigación¹.

Fuente: elaboración propia.

La historia del .44 magnum se remonta al año 1955/56 cuando fue presentado como un proyecto conjunto entre Remington Arms Company Inc. que es el fabricante de armas más antiguo de Estados Unidos y Smith & Wesson, el mayor fabricante de armas cortas de Estados Unidos. La primera diseñó el cartucho y la segunda el revolver que lo iba a disparar (“conocido hoy día como modelo 29”)²

Se le atribuye a un gran escritor, tirador y cazador llamado Elmer Keith haber sido el inventor del cartucho. Aunque su historia tiene visos de leyenda “Keith habría llegado a las performances del .44 Magnum, a partir de sus experimentos con cargas muy

¹ Prof. Lic. Hernán Gacio, **Apuntes de clase, materia Balística II**, carrera Licenciatura en Criminalística
² Abel A. Domenech, **Segundo Manual Argentino de Recarga de Cartuchos Metálicos**, Ciudad de Buenos Aires, año 2004, pág. 124

*calientes del .44 Special*¹. Estas experimentaciones fueron llevadas al campo para la cacería de animales de gran porte y en disparos de gran dificultad, cubriendo distancias de hasta 300 metros, o mayores en blancos del tamaño de automóviles pequeños a distancias de entre 500 y 600 metros. Dichas experiencias empíricas fueron muy cuestionadas y provocaron muchas polémicas, ya que muchos pusieron en duda las performances descritas por Keith en sus publicaciones, aunque también tuvo sus defensores que, siendo testigos de sus hazañas, dieron fe de los dichos del escritor y tirador. Tiempo después, con la fabricación el .44 Magnum, Keith fue un usuario acérrimo del calibre que había inventado a partir de sus recargas caseras del .44 Special.

Como se viene explicando, el .44 magnum es un calibre extremadamente potente. Sus 971 lbs/pie entregadas en la boca del cañón del arma, lo transforman en todo un referente en cuanto a potencia, comparadas con las 310 lbs/pie del .44 Special, las 335 lbs/pie del .45 ACP (Automatic Colt Pistol) o las 357 lbs/pie del .357 Smith y Wesson magnum, haciéndolo extremadamente atractivo para el investigador por sobre otros calibres también considerados, en busca de la mejor performance posible en cuanto a la exteriorización y visibilización de los efectos de producción de nube de gases al momento de disparar el arma, lo que dio la posibilidad de lograr excelentes registros fílmicos que sirvieron para entender, en una primera instancia, el comportamiento de este fenómeno producido en la boca del cañón tras la salida del proyectil y en los espacios existentes entre el tambor y el armazón o frame del revolver.

¹ Abel A. Domenech, **Segundo Manual Argentino de Recarga de Cartuchos Metálicos**, Ciudad de Buenos Aires, año 2004, pág. 124

➤ **EL CARTUCHO:**

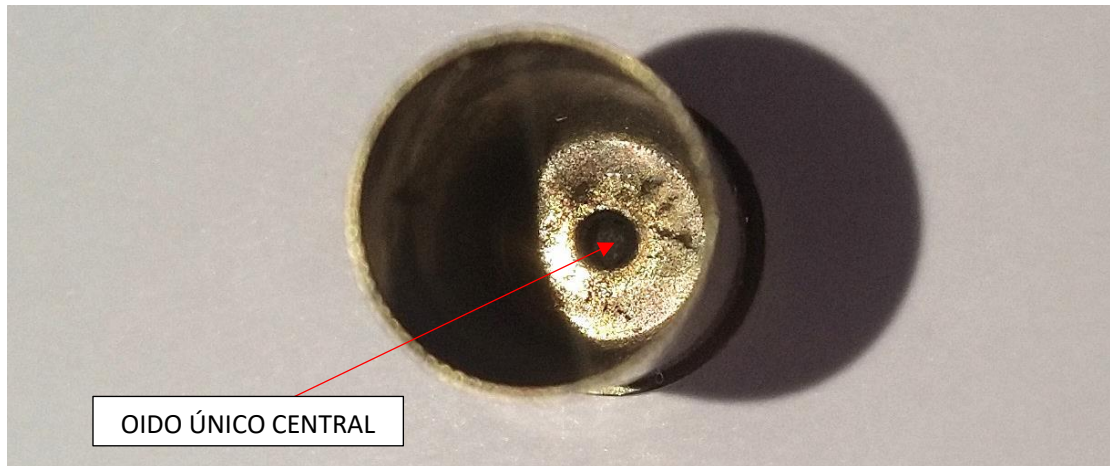
En inglés se lo nombra como Cartridge y se lo puede definir como “*el conjunto integrado por vaina, fulminante, carga de propelente y punta o bala.*”¹ Aunque la definición que preferimos es la acepción de la legislación argentina que define al cartucho o tiro como “*el conjunto constituido por el proyectil entero o perdigones, la carga de proyección, la cápsula fulminante y la vaina, requeridos para ser usados en un arma de fuego*”². Sin embargo, en nuestro país, el uso del vocablo se torna un poco confuso, en cuanto al término se lo identifica erróneamente solo con el cartucho semimetálico de escopeta de perdigones, dejando de lado el cartucho metálico o de bala. No vamos a profundizar en toda la variedad de cartuchos que existen y sus diferentes usos, nos concentraremos solamente en el cartucho metálico de fuego central³ que es el que utiliza nuestro revolver Taurus Raging Bull .44 Magnum.

Este cartucho comparte los componentes con todos los cartuchos metálicos, sean de arma corta o arma larga, solo existen variantes en su sistema de iniciación, siendo que unos tienen el *yunque*, que es un macizo o contra hierro que hace de masa, donde la mezcla explosiva del iniciador se comprime explotando y propagándose por un *oído* iniciando la deflagración de la carga propulsora del proyectil. Cuando el *yunque* se encuentra dentro mismo del *primer*, a este sistema se lo conoce como Bóxer.

¹ Abel A. Domenech, **Segundo Manual Argentino de Recarga de Cartuchos Metálicos**, Ciudad de Buenos Aires, año 2004, pag.235

² Poder Ejecutivo Nacional, **Decreto 395/75 reglamentación Ley de Armas y Explosivos 20.429/73**

³ Denominación que reciben los cartuchos que poseen como iniciador un primer o fulminante en el centro de su culote o base.



Vaina servida de uno de los disparos producidos para esta investigación. Se observa el oído único del sistema Boxer por donde se propaga la explosión del fulminante hacia el compartimiento de la carga propelente. Fuente: elaboración propia.

Su variante, tiene el *yunque* enclavado en la vaina, cumpliendo la misma función de hacer de masa para comprimir y explotar la carga del *primer*, pero propagándose, en este caso, por dos oídos, que hacen llegar la explosión a la carga propulsora que impulsa la bala. A este sistema se lo conoce como Berdan.

Los componentes principales del cartucho metálico son:

- La vaina: *“Es la parte integral del cartucho que oficia de soporte o chasis del resto de los componentes del mismo que se encuentran agarrados a ella”*.¹
- Punta: Será la bala o el proyectil cuando se desprenda de la vaina cuando se produzca el disparo. Vienen de diferentes formas y composiciones para buscar determinados resultados balísticos.

¹ Prof. Lic. Hernán Gacio, **Apuntes de clase, materia Balística Aplicada**, carrera Licenciatura en Criminalística.

- Primer o Fulminante: Es el iniciador, su función es encender la carga propelente a partir del golpe del percutor que enciende una mezcla detonante que genera una llama muy potente que encenderá la carga propulsora de la punta y la lanzará por la boca del cañón. El termino proviene del “to prime” de las antiguas armas de avancarga, que significa “para cebar”.
- Carga de proyección o propelente: Son pólvoras que, en su composición, logran generar grandes presiones de gases de manera controlada logrando impulsar la punta a gran velocidad al interior del cañón, a través de él y por último al espacio.

El cartucho del .44 Magnum emplea una vaina similar al del .44 Special, pero más larga para que no pueda ser utilizada en armas inadecuadas. Como se dijo cuando hablábamos del tambor del revolver, la capacidad mayor de carga que tiene este cartucho lo hace muy potente y muy peligroso su uso en un arma que no esté preparada para un cartucho de estas características.



Cartucho .44 Magnum Factory¹ marca Magtech utilizado en los disparos de esta tesis.

Fuente: elaboración propia.

¹ La distinción de Factory hace referencia al cartucho que está intacto desde su fabricación en contraposición a los que se recicla su vaina y se los vuelve a armar con nueva carga propelente, punta y fulminante al que se lo conoce como Recarga.

Las armas de este calibre, son voluminosas y pesadas por la gran cantidad y calidad de los materiales con que se fabrican para evitar accidentes en su utilización. Los disparos preliminares que se realizaron para poder optimizar los registros y ajustar los detalles de la parte empírica de esta investigación, se hicieron con cartuchos de recarga hechos por un profesional, y mostraron de manera contundente, algunas características que son típicas de este calibre, como lo son el retroceso, su alto nivel sonoro y la producción de llamaradas que salen por los espacios entre el *tambor* con el *espaldón* y el *cono de forzamiento* del cañón; como también por el *compensador de boca* que posee en la punta del cañón.



“Disparo en un alto nivel de retroceso y sonoridad, fuerte rebufo, ostentosa llamarada”

Fuente: elaboración propia.

Al respecto, Abel Domenech comenta: *“una recarga típica para el cartucho, emplea una punta de 0.429 de diámetro, y 240/245 grains de peso, a una velocidad de entre*

1300 a 1400 pies/seg con una presión del orden de los 43.000 cup, y una energía de 1090 lbs/pie. Esto se traduce en un disparo en un alto nivel de retroceso y sonoridad, fuerte rebufo, ostentosa llamarada, junto a una gran precisión en el disparo.”¹

La punta más utilizada en este calibre es del tipo semiwadcutter de 240/250 grains semi encamisadas, lo que, combinado con su capacidad de carga del propelente, entregan una munición con un gran poder de *stopping power*²



*Proyectil .44 Magnum del tipo semiwadcutter recuperado prácticamente intacto en el tubo recuperador de keblar de uno de los disparos de esta tesis. Se observa el encamisado en su parte inferior dejando desnuda la punta de plomo favoreciendo sus prestaciones en cuanto al *stopping power*. Fuente: elaboración propia.*

¹ Abel A. Domenech, **Segundo Manual Argentino de Recarga de Cartuchos Metálicos**, Ciudad de Buenos Aires, año 2004, pág. 125

² Expresión utilizada en balística para indicar la capacidad de un proyectil de arma de fuego de poder detener o derribar a una persona o un animal de un solo disparo de manera inmediata gracias a su capacidad de transmitir toda la energía cinética que lo mueve al momento del contacto con el blanco, ocasionando grandes daños o lesiones que logran hacerlo colapsar. “One shot stop”

FICHA TÉCNICA CARTUCHO .44 MAGNUM FACTORY

(utilizado en la prueba empírica de esta investigación)

- ✓ MARCA: MAGTECH
- ✓ CALIBRE: .44 SMITH & WESSON MAGNUM
- ✓ LARGO MÁXIMO DE VAINA: 1,280´
- ✓ LARGO MAXIMO DEL CARTUCHO: 1,610´
- ✓ TIPO DE PRIMER: LARGE PISTOL
- ✓ SISTEMA PRIMER: BOXER
- ✓ DIÁMETRO DE LA PUNTA: 0,429
- ✓ PUNTA: PLOMO SWC 1240 GRAINS SEMI ENCAMISADA
- ✓ PRESIÓN DE TRABAJO: NORMAS SAAMI²
- ✓ PRESIÓN MÁXIMA ADMITIDA NORMAS SAAMI: 43.000 C.U.P.³
- ✓ VELOCIDAD EN BOCA DEL CAÑON: 1350 PIES/SEG
- ✓ ENERGÍA EN BOCA DEL CAÑON: 971 LBS/PIE
- ✓ PASO DE ESTRIADO TÍPICO: 1:20

➤ **EL KIT DE RECOLECCIÓN DE PARTÍCULAS GSR:**

Es el elemento utilizado por el investigador criminalista para poder recoger, de manera apropiada, las partículas GSR (de las que nos referiremos con mayor profundidad más adelante) que puedan colectarse de las manos del victimario, del cuerpo de la víctima o del lugar del hecho en aquellos casos en donde intervienen armas de fuego.

¹ SWC: *semi wad cutter*

² SAAMI: *Sporting Arms and Ammunition Institute. EEUU*

³ C.U.P.: *Cooper Units of Pressure*



Kit de recolección de partículas GSR. Fuente: elaboración propia.

Estos kits vienen en diferentes presentaciones de acuerdo al fabricante y a sus prestaciones y puede ser de acrílico o vidrio, pero la más común es la de dos recipientes, uno para cada mano, acompañado con rótulos, instrucciones de uso, guantes para su correcta manipulación y un sobre para su envío con etiqueta para cadena de custodia.

Cada unidad de recolección del kit es de tamaño pequeño, de unos seis centímetros de largo, y está compuesta por un tapón que viene cerrado desde la fábrica que da un sellado hermético y garantiza que está libre de cualquier tipo de contaminación. El tubo recolector puede ser de vidrio o acrílico de acuerdo a su fabricante y su utilización es muy fácil y práctica para quien este haciendo la toma de la muestra. A su vez, el tapón tiene, en su lado interior, un vástago metálico que se inserta en la tapa en su lado interior y con forma de disco en el extremo opuesto de unos 12.6 mm de diámetro, el cual tiene adherido una cinta adhesiva de carbono y que también se lo conoce como

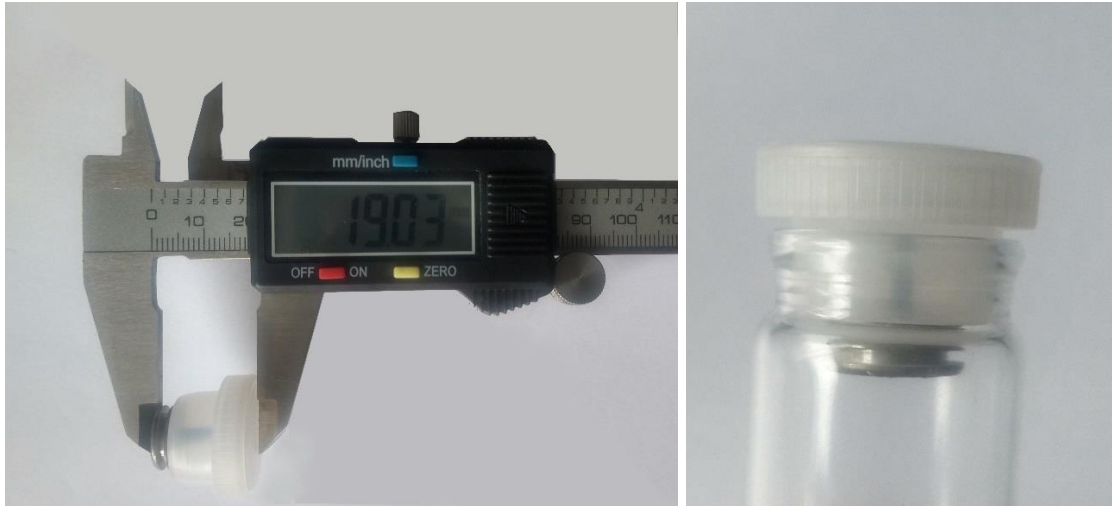
stub; esta cinta será la encargada de atrapar las partículas de las superficies en las que se apoye el plano con el pegamento.



Stub con cinta de carbono adherida para coleccionar partículas de las superficies que contacta.

Fuente: elaboración propia.

La cinta de carbono tiene la particularidad de ser conductiva y es la responsable de permitir que el stub funcione directamente como una platina dentro del MEB y pueda comunicarse e interactuar con él. Por otro lado, el ajuste exacto del tapón y su forma prominente hacia el interior del colector una vez que está puesto en su posición final, responde a la necesidad que, una vez tomada la muestra, el disco no entre en contacto con las paredes del colector y se evite cualquier tipo de alteración de la muestra.



El tapón con el stub colocado ingresa unos 15 mm aproximadamente, evitando entrar en contacto con las paredes del tubo colector. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la forma de utilizar el kit se ha ido perfeccionando y, con el tiempo, se fueron haciendo protocolos que, los diferentes organismos que se encargan de tomar muestras de este tipo, han ido incorporando en sus prácticas mejorando la calidad de las muestras y la pérdida de las partículas. En esta parte vamos a referirnos a un procedimiento en genérica, descrito en uno de los protocolos que está vigente en la República Argentina ¹y que indica el siguiente procedimiento:

- 1. Antes de cualquier recolección de GSR, realizar un examen visual de las manos y muñecas del sujeto que recolecta la muestra de los involucrados en el hecho.*
- 2. Tomar fotografías de las manos y, especialmente, de las zonas que presenten ennegrecimiento.*
- 3. Lavar cuidadosamente las manos y antebrazos antes de manipular los materiales para evitar contaminación de las muestras.*

¹ **Ministerio de Justicia y Derechos Humanos – Presidencia de la Nación, *Protocolo unificado de los ministerios públicos de la República Argentina - Guía para el levantamiento y conservación de la evidencia*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, año 2017, edición primera, pág. 36**

4. *Evitar, en lo posible, tomar contacto con las manos del sujeto. Esto puede eliminar los restos de residuos que pudiera haber.*
5. *No desplazar o manipular a la persona sospechosa de haber accionado un arma de fuego.*
6. *Evitar que el sujeto se lave o frote las manos antes del muestreo.*
7. *No tomar las impresiones digitales antes del muestreo.*
8. *No esposar las manos del sujeto detrás de la espalda.*
9. *Tomar las muestras en sospechosos vivos antes de las 12 h posteriores a ocurrido el hecho.*

Para el levantamiento de la muestra, debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. *Seleccionar un disco muestreador, destaparlo y mantenerlo con el disco adhesivo hacia abajo.*
 - a) *Mano derecha (utilice un muestreador para palma y dorso): zona A.*
 - b) *Mano izquierda (utilice un muestreador para palma y dorso): zona B.*
 - c) *Cara y cabello (utilice un porta muestras para esta colecta): zona C.*
 - d) *Mangas de la prenda utilizada en el momento de ocurrido el hecho (una porta muestra para ambas mangas): zona D.*
 - e) *Zona anterior de la prenda, utilizada en el momento de ocurrido el hecho: zona E.*
2. *Retirar el film protector del disco de carbono con una pinza de punta fina, en caso, que lo tuviera. Asegurarse de no tocar ninguna cosa con el adhesivo, solo debe tocar las manos de la persona sospechosa.*
3. *Tomar el disco adhesivo con el soporte (stubs) y presionar firmemente sin deslizar*

contra las manos del sospechoso, siguiendo el patrón sistemático, hasta que se pierda la adherencia del disco.

4. *Repetir los pasos utilizando un stubs por cada mano.*
5. *Colocar la tapa al stubs y rotular, una vez terminada la recolección.*
6. *Respetar los mismos pasos por cada muestreo y preservar los stubs junto con una planilla de datos en lugar seco y al abrigo del calor.*

“En caso de víctimas de disparo, deberá siempre enviar al laboratorio la ropa intacta, separadamente, en bolsas de papel, sin doblar o separando las porciones de género con un papel, con la menor manipulación posible. Acompañarla de una breve descripción del hecho (número y localización de los daños aparentes).

Cuando se está en presencia de un cadáver con sospecha de suicidio, al efectuar la recolección se requiere determinar un gradiente de distribución de residuos para concluir la existencia o no de suicidio. Se deben realizar colectas distintas en: dorso mano derecha; palma mano derecha; dorso mano izquierda; palma mano izquierda.”

Hay otros protocolos que indican la toma de muestras, si están disponibles, de las vainas servidas si es que se encuentran en el lugar del hecho (recordemos que los revólveres por citar un ejemplo, no expulsan la vaina del arma una vez utilizada) *“En aquellos casos en los que sea posible se recogerá la vaina percutida para hacer una toma de muestras de su contenido. Para esto se sujeta la vaina con los dedos y boca abajo se golpea varias veces con suavidad la superficie de la cinta adhesiva del portamuestras, **NUNCA SE GOLPEARÁ EL CULOTE NI LAS PAREDES DE LA VAINA**, ya que se alterarían las señales que se utilizan en el estudio balístico de la vaina.”*¹

¹A. Pérez-Cao - C. Valero Abad – Instituto de Toxicología, **Presentación del dispositivo de recogida de residuos de disparo diseñado por la Sección de Criminalística del Instituto de Toxicología**, Madrid, año 2001, pág. 19

En el caso de la toma de las muestras de esta investigación, se utilizaron todas las instrucciones de este protocolo que eran aplicables a la experiencia de laboratorio que se llevó a cabo.

Para finalizar con las consideraciones sobre el kit de recolección, podemos mencionar como virtudes del kit de recolección, su practicidad en el uso gracias a su reducido tamaño, poco peso y fácil manipulación; de la misma manera y por las mismas razones, que para el envío de los mismos a los laboratorios. También podemos agregar entre las virtudes su eficacia para recoger las partículas fácilmente y su conservación sin la necesidad de agregar ningún tipo de reactivos para su análisis en laboratorio ni conservantes para mantener las muestras.

En cuanto a desventajas, no son propiamente del kit o del sistema sino más bien inherentes a la esencia de la partícula GSR, principalmente a su tamaño y volatilidad lo que hace que, tanto su detección y observación, deba hacerse con costosos equipos tanto en su adquisición, como en su mantenimiento para mantenerlos operativos. Por las mismas razones, representa una desventaja también, al momento de ir a buscarla, debido a que, en algunas circunstancias, no es posible levantarla del lugar del hecho y, cuando se lo hace en las morgues, la partícula ya no está porque paso mucho tiempo y no fue preservada debidamente.

“En nuestra experiencia hemos podido comprobar que algunos casos, en los que todas las circunstancias apuntaban hacia un suicidio por arma de fuego, la investigación de residuos en las manos del presunto suicida arrojaba resultados negativos. Esto pudo deberse a que la toma de muestras no se realizaba en el lugar de los hechos y/o a que el cadáver fuera sometido a numerosas maniobras antes de proceder a dicha toma. Además, durante el lapso de tiempo transcurrido entre los hechos y la recogida de

muestras, las manos no solían estar protegidas en modo alguno y las partículas de residuos se perdían antes de llegar al laboratorio.”¹

¹ A. Pérez-Cao - C. Valero Abad – Instituto de Toxicología, **Presentación del dispositivo de recogida de residuos de disparo diseñado por la Sección de Criminalística del Instituto de Toxicología**, Madrid, año 2001, pág. 16

PARTE DOS: LA PARTICULA GSR y EL MEB

En esta parte vamos a ir conociendo el objeto de estudio de esta investigación: la partícula GSR. Trataremos de adentrarnos en todo lo relativo a su origen, esencia, utilidad para las ciencias forenses y la justicia; las particularidades de su detección y observación. Un apartado para el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), el instrumento que nos permite darle un tamaño, imagen, composición. Veremos su funcionamiento y su complementación con la sonda de Electroscopia de Energía Dispersiva (EDS por su escritura en inglés: Electrón Dispersive Spectrometer).

➤ **LA PARTICULA GSR. DEFINICIÓN:**

Como venimos viendo en la Parte Uno del marco teórico de esta investigación, las armas de fuego logran disparar un proyectil gracias a la combinación de procesos mecánicos y químicos (mecanismos, propelente e iniciador) que logran el encendido de estos generando volúmenes de gases a alta presión y temperaturas, que hacen que el proyectil desaloje la recámara del arma saliendo expulsado hacia el exterior por la boca del cañón.

Este fenómeno físico-químico produce, entre otras cosas, gran cantidad de residuos, a los que conocemos como RESIDUOS DE DISPARO DE ARMA DE FUEGO o GSR por sus siglas en inglés (Gun Shot Residue) los cuales salen en forma gaseosa (por los fenómenos anteriormente mencionados), en una nube a la que comúnmente denominamos *nube de gases* y que, al momento de tomar contacto con las condiciones ambientales al salir del arma por la boca del cañón o por los espacios entre el tambor y el espaldón o el tambor y el cono de forzamiento del cañón, comienzan a solidificarse formando partículas de diferentes características y origen de acuerdo a los elementos que los producen. Hay dos tipos de residuos según de que

parte de la combustión de elementos provienen, sea completa o incompleta: los orgánicos y los inorgánicos.

Los orgánicos son los que se originan a partir de la combustión, de la carga propulsora o propelente porque usan como oxidantes la nitrocelulosa o los de base doble también le agregan nitroglicerina.

Pero no son este tipo de residuos los que son de interés para esta investigación. El otro tipo de residuos generados en un disparo de arma de fuego, surgen casi exclusivamente, a partir de la ignición del primer o fulminante; son los que nos interesan en esta tesis y los clasificamos como inorgánicos.

En este grupo de residuos de disparo, los inorgánicos, se encuentran las que tienen valor para esta investigación, siendo las partículas conocidas como consistentes y principalmente las características las que son objeto de esta tesis. Nos referiremos a cada una de ellas.

➤ **LAS PARTICULAS CONSISTENTES:**

Estas partículas son aquellas a las que se asocia a un disparo de arma de fuego pero que existen otras fuentes que pueden producirlas, por lo que su hallazgo en el análisis de las muestras tiene solo un valor indicativo, pero no determinante.

“Desde que se preparó el Informe Aeroespacial en 1977, muchos avances en GSR han ocurrido, y varias interpretaciones de la evidencia GSR han sido modificadas por numerosos examinadores. Rastros de fuentes ambientales de frenos de vehículos y varios tipos de fuegos artificiales han mostrado el potencial de parecerse a GSR. Aunque esto es una preocupación de muchos analistas, los GSR, al igual que otras ciencias, es un campo en constante evolución, y los examinadores deben

mantenerse al día con la investigación para lograr la mayor comprensión en la evaluación de la evidencia GSR.”¹

La composición química de las partículas consistentes puede ser:

- ✓ Bario-Calcio-Silicio (Ba)-(Ca)-(Si)
- ✓ Antimonio-Bario (Sb)-(Ba)
- ✓ Plomo-Antimonio (Pb)-(Sb)
- ✓ Plomo-Bario (Pb)-(Ba)
- ✓ Bario-Aluminio (Ba)-(Al)
- ✓ Plomo (Pb)
- ✓ Bario (Ba)
- ✓ Antimonio (Sb)
- ✓ Otros elementos del mixto fulminante, solos o mezclados con estos elementos.

➤ **LAS PARTICULAS CARACTERÍSTICAS:**

Las partículas características, son el principal objeto de estudio de esta tesis. Hablamos de partículas características cuando estas, están compuestas elementalmente de plomo (Pb), bario (Ba) y antimonio (Sb) *“Cuando Pb, Sb y Ba se combinan en una sola partícula, se define como exclusivo de GSR, ya que no existe otra fuente conocida de este compuesto.”²*. Su origen, le da un carácter de unicidad a la partícula característica, como bien está explicado, porque no se conoce otra actividad humana o fuente natural o de ningún tipo que pueda producirla que no sea, justamente, el disparo de un arma de fuego. Estos elementos, también pueden estar acompañados por otros, también provenientes del fulminante *“Es común encontrar*

¹, A.J. Schwoeble- David L. Exline, **Current methods in forensic gunshot residue analysis**, CRC Press LLC, Estados Unidos, año 2000, pág. 25

² IBID

*elementos adicionales incorporados en las partículas, tales como: Aluminio, Silicio, Fósforo, Azufre (trazas), Cloro, Potasio, Calcio, Hierro (trazas), Níquel, Cobre, Zinc, Circonio y Estaño.*¹ La unicidad de la partícula característica le da un valor probatorio extraordinario e inequívoco para demostrar la existencia de un disparo de arma de fuego en una escena de crimen.

Esta denominación, correspondiente a esta composición, esta adoptada mundialmente y se estableció en diferentes congresos realizados en nuestro país porque *“sigue los lineamientos expresados en la norma E1588-10 de la American Society for Testing and Materials (ASTM)”*²; norma que siguen la mayoría de los laboratorios de microscopía electrónica forense en Argentina y que también utiliza el Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires, que son los encargados del análisis de las muestras de esta investigación.

A diferencia de las partículas consistentes que, como habíamos explicado, pueden tener diferentes orígenes; en cambio, la partícula característica, tiene un único origen conocido que es el disparo de un arma de fuego. *“Basado en la literatura y nuestra investigación actual en el área de partículas ambientales con composiciones elementales similares a GSR, nuestro laboratorio designa solo Pb-Sb-Ba como partículas GSR únicas.”*³

El proceso de formación de la partícula característica se produce en condiciones extremas de presión y temperatura y se divide en tres etapas o fases que se desarrollan casi en su totalidad dentro del arma, aunque finaliza afuera de ella.

¹ Ministerio Público Fiscal – Procuración General, **Protocolo para la realización de pericias de Microscopía de Barrido Electrónico**, Provincia de Chubut, pág. 7

² Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata, **Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba**, pág. 6.

³ A.J. Schwoeble- David L. Exline, **Current methods in forensic gunshot residue analysis**, CRC Press LLC, Estados Unidos, año 2000, pág. 25

“La primera inicia una diezmilésima de segundo después que la aguja percutora del arma de fuego golpea el fulminante. La explosión resultante hace que la temperatura aumente entre 1500 °C y 2000 °C y la presión se incremente a 104 KPa (Kilo Pascal), incremento que funde la mezcla del fulminante en unos pocos milisegundos al sobrepasar sus puntos de evaporación (Pb 1620 °C, Ba 1140 °C, Sb 1380 °C).

La segunda fase inicia 0,5 milisegundos después con la deflagración del propelente ocasionando un segundo incremento de presión y temperatura alcanzando un máximo de 3600 °C y 3 x 10⁵ KPa en un lapso de 0,5 ms a 0,75 ms.

En la última fase se sobreviene un rápido enfriamiento durante el cual las partículas se condensan como pequeñas gotas con la subsecuente solidificación y deposición”

12

En cuanto a sus particularidades morfológicas, la partícula característica se la describe, generalmente, como brillante y de forma esférica o esferoide.

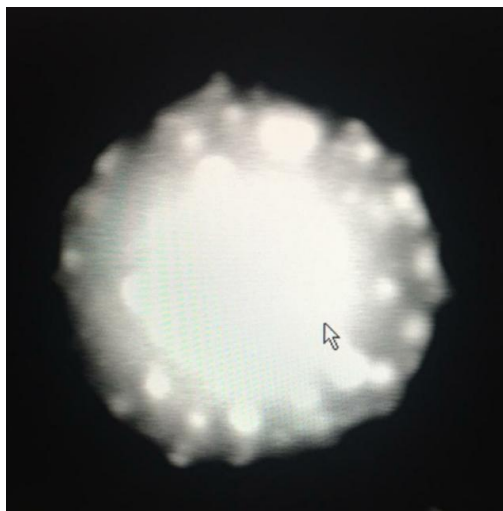


Imagen de partícula característica con forma esférica y brillante captada por el MEB del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires, obtenida de la muestra enviada para esta investigación. Fuente: elaboración propia.

¹, José Manuel Martínez Sosa, **Análisis de residuos de disparo por cromatografía de gases con detector selectivo de masas y por cromatografía electrocinética micelar con detector ultravioleta**, Santiago de Cali, Universidad del Valle, año 2012, pág. 24

² Dalby, O, **Analysis of Gunshot Residue and Associated Materials**, Estados Unidos, A Review J. Forensic Sci, año 2010, vol. 55, pág. 924

Sin embargo, diferentes estudios han ido ampliando esta descripción “Se utilizó *microscopía electrónica de barrido combinada con análisis de rayos X de dispersión de energía (SEM-EDX)* para determinar nuevos criterios estructurales para corroborar aún más la opinión de que las partículas de residuos de disparos (GSR) tienen una estructura característica. Debido a que las partículas de GSR se forman por enfriamiento rápido de temperaturas extremas y altas presiones, deben contener características de condensados no solo en sus superficies, sino también en sus interiores. Tanto las superficies como las secciones transversales de GSR se examinaron para el mapeo de rayos X de los elementos y para el análisis topográfico. El plomo, el antimonio y el bario vaporizados pueden condensarse de manera uniforme y concurrente, o de manera irregular y discontinua, o como una capa de plomo alrededor de un núcleo de bario y antimonio. Estos tres modos de formación de GSR pueden corresponder al estado de equilibrio, el estado de temperatura creciente, y el estado de temperatura decreciente de la mezcla de gas de explosión del compuesto de imprimación. La mayoría de los GSR menores de 10 μm se forman como gotitas en equilibrio. Las esferas más grandes crecen por la coalescencia de las gotitas más pequeñas. Estos residuos pasan a través de varias formas metaestables y luego se congelan. Solo unos pocos esferoides semisólidos de bario y antimonio pueden capturar los vapores de plomo de la bala grabada y los residuos quemados, y estos aparecen como "naranjas peladas". y han hecho una clasificación en tres grandes grupos, como es el caso de la clasificación de Basu^{1:2}

¹ José Manuel Martínez Sosa, **Análisis de residuos de disparo por cromatografía de gases con detector selectivo de masas y por cromatografía electrocinética micelar con detector ultravioleta**, Santiago de Cali, Universidad del Valle, año 2012, pág. 24

² Basu S. – Laboratorio de Delitos de la Policía de Nueva York, **Revista de Ciencias Forenses**, https://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/JOURNALS/FORENSIC/PAGES/JFS11453J.htm

- I. *Esferoides regulares no cristalinas, cuyo promedio oscila entre 0,5 μm y 5 μm compuestas por una mezcla uniforme y simultánea de Pb, Ba y Sb que representan el 68% del total de residuos de disparo en las manos de un tirador.*

- II. *Partículas irregulares, con una distribución discontinua de Pb, Ba, y Sb, formadas por la fusión de partículas de diferentes tamaños y corresponden al 25% de todas las partículas que se encuentran.*

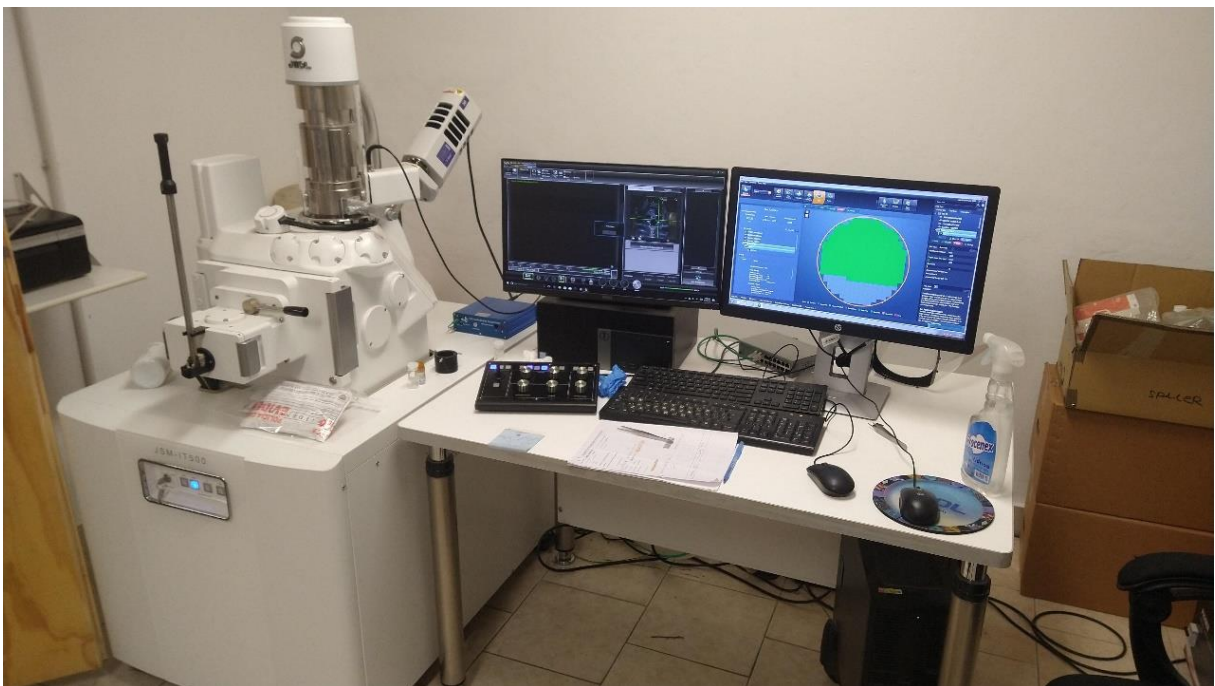
- III. *Partículas con un núcleo homogéneo de Ba y Sb recubierto con una capa de plomo. Se cree que cuando el núcleo de Ba y Sb se encuentra en proceso de solidificación atrapa vapores de Pb provenientes de residuos quemados y desprendidos del proyectil al pasar por las estrías del cañón. Es el tipo de partícula menos frecuente.*

➤ **EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB):**

Las ciencias forenses han ido evolucionando en el estudio de los residuos de los disparos de armas de fuego a pasos agigantados. Desde los primeros intentos en los años treinta del siglo XX con las pruebas de coloración como el guantelete de parafina, en búsqueda de los residuos orgánicos de los propelentes, principalmente los nitratos provenientes de la pólvora combustionada y sin combustionar y sus equívocos e inespecíficos resultados; o los intentos con nuevas pruebas instrumentales puestas al servicio de las ciencias forenses, como el análisis de activación neutrónica (NAA) ¹ en la segunda mitad del siglo pasado, ya con más sensibilidad y especificidad en la

¹ Neutronic Activation Analysis

búsqueda de bario y antimonio utilizando nada más y nada menos que un reactor nuclear para bombardear la muestra con neutrones y hacer reaccionar los elementos que pueden absorber la radioactividad. Todo esto, y muchos más, sucedió en el campo del análisis de los residuos de disparo de arma de fuego hasta que, a mediados de los años 70, se genera un punto de inflexión con la aparición del MEB en el campo de las ciencias forenses, debido a su gran especificidad y a que no es un método destructivo de la muestra.



Microscopio Electrónico de Barrido del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: elaboración propia.

➤ SU FUNCIONAMIENTO

Cuando se habla del MEB es habitual entre quien no se encuentra familiarizado con este tipo de instrumental, que se crea que refiere a un instrumento óptico, a algún microscopio de gran potencia, que de hecho lo es, pero no funciona con lentes como un microscopio convencional, sino de manera electrónica.

Su profundidad de campo es doscientas veces mayor a la del más potente microscopio óptico, con una resolución extremadamente alta y una capacidad da ampliar la imagen de la muestra en $100.000X$ ¹ “*suministrando información característica de su forma a escala nanométrica ($10^{-9} m$)*”². Genera una imagen nítida y clara en blanco y negro (imagen “tipo óptica” de muy buena definición) que se aprecia a través del monitor. Esto se utiliza para poder hacer observaciones del tipo morfológicas de la muestra que se está analizando.

A diferencia del microscopio óptico que utiliza la luz visible para visualizar la muestra, el MEB se basa en la incidencia de un haz de electrones emitido por un *filamento de tungsteno* que se encuentra en el *cabezal* del equipo y que, a través de una



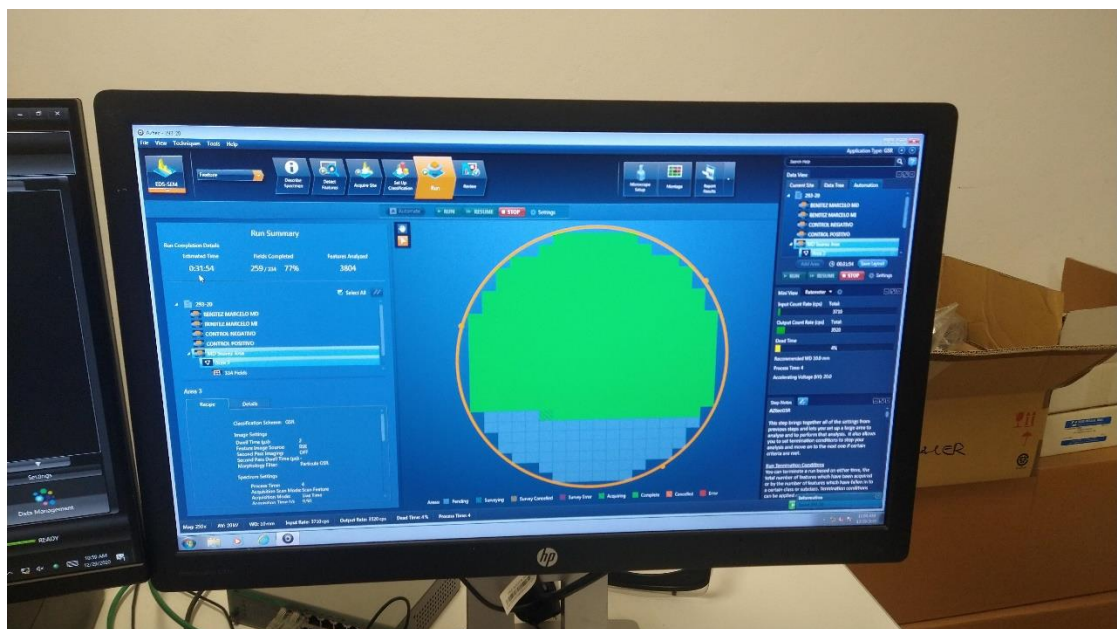
Filamento de tungsteno de uno de los MEB del Laboratorio de Policía Científica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires, encargado de la emisión de electrones.

Fuente: elaboración propia.

¹ $100.000X$ es igual al tamaño original de la imagen multiplicado por 100.000

² Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata, **Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba**, pág.5

lente condensadora que se ubica dentro del *cañón de electrones de alto contraste*, y con la energía apropiada, impacta sobre la superficie de la muestra que, en el caso de las de GSR, vienen en el stub; el cual tiene una cinta adhesiva de carbono que tiene la particularidad de ser conductiva y poder interactuar con el MEB, generando una gran variedad de emisiones energéticas, entre las cuales encontramos los electrones secundarios y retrodispersados, que nos brindan la información morfológica sobre la muestra a través de los rayos X característicos de la misma.



Pantalla del MEB bombardeando el stub con electrones y detectando todas las partículas existentes, sean GSR o ambientales, pero no identificándolas. Fuente: elaboración propia.

En general, el *cañón de electrones de alto contraste* y las *cámaras de muestras* del MEB se evacuan en alto vacío. El MEB de bajo vacío es un MEB en el que se ha agregado un sistema de bombeo adicional para que la cámara de muestras se pueda mantener en un estado de bajo vacío por lo tanto se puede observar una muestra no conductora o se puede realizar un análisis elemental sin recubrimiento del metal. El

modo bajo vacío es útil para muestras no conductivas o con cierta humedad interior, aunque la calidad de resolución es menor que en el modo Alto Vacío.



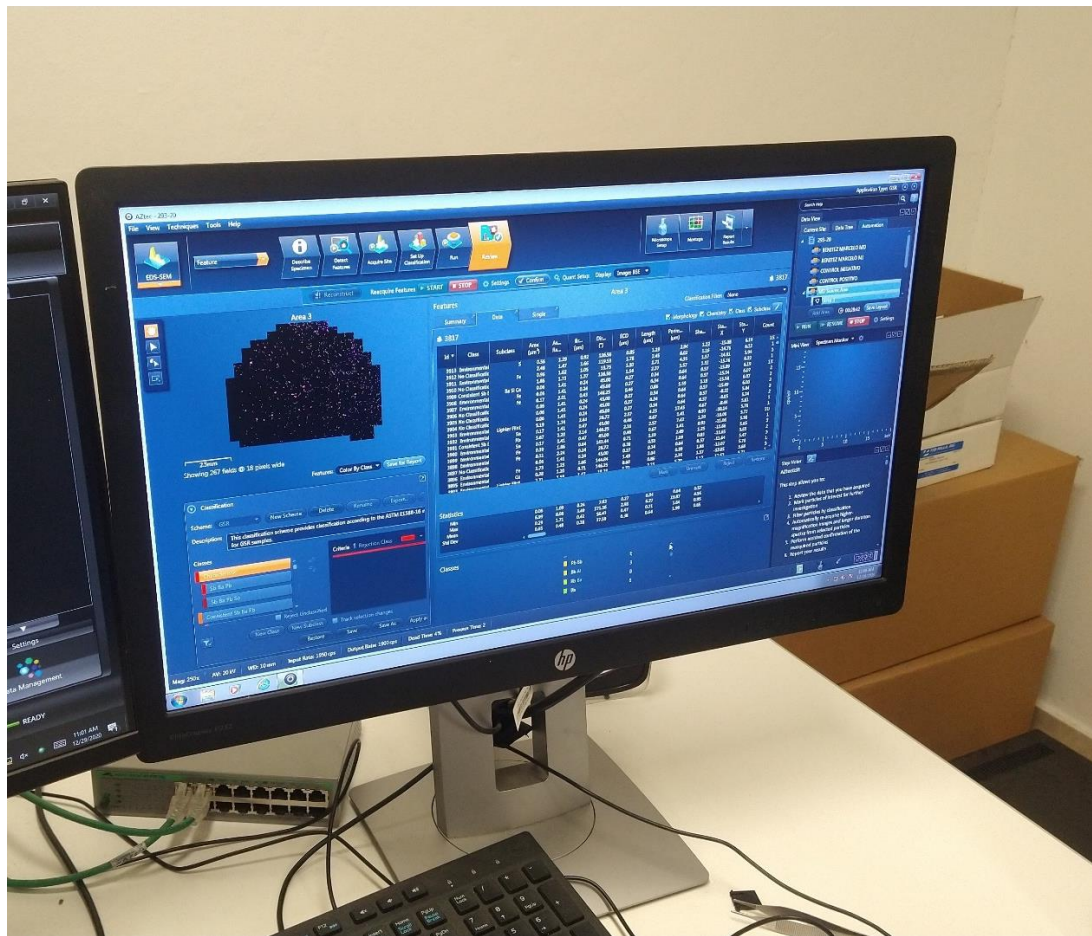
Cuerpo principal del MEB donde se observan sus diferentes partes.

Fuente: elaboración propia.

El MEB se complementa con el *espectrómetro de energía dispersa (EDS¹)* y permite, mediante la inyección de electrones en los átomos de la muestra, que estos expulsan electrones de sus órbitas interiores hacia las exteriores. El espacio dejado por ese electrón será ocupado por otro proveniente de las orbitas externas del átomo el cual ocupará el lugar vacante dejado por el electrón expulsado por el bombardeo de electrones y así poder estabilizar el átomo. Este proceso genera una emisión de rayos x que es captada por la *sonda o EDS* siendo que cada átomo de cada elemento posee sus propias características en cuanto a los rayos x que emite y esto le permite, a la

¹ *Energy Dispersive Spectrometer*

sonda, individualizar cada uno de los componentes de la muestra y en qué cantidad o porcentaje se encuentran. De esta manera se pueden identificar los elementos presentes en la muestra, inclusive los de GSR. Los gráficos de espectro (picos) grafican el resultado obtenido por la sonda una vez que individualiza los elementos, esta manda la información a un software en la computadora y esta va realizando por medio de algoritmos un gráfico de espectro que va marcando picos con las cantidades presentes de cada elemento detectado.

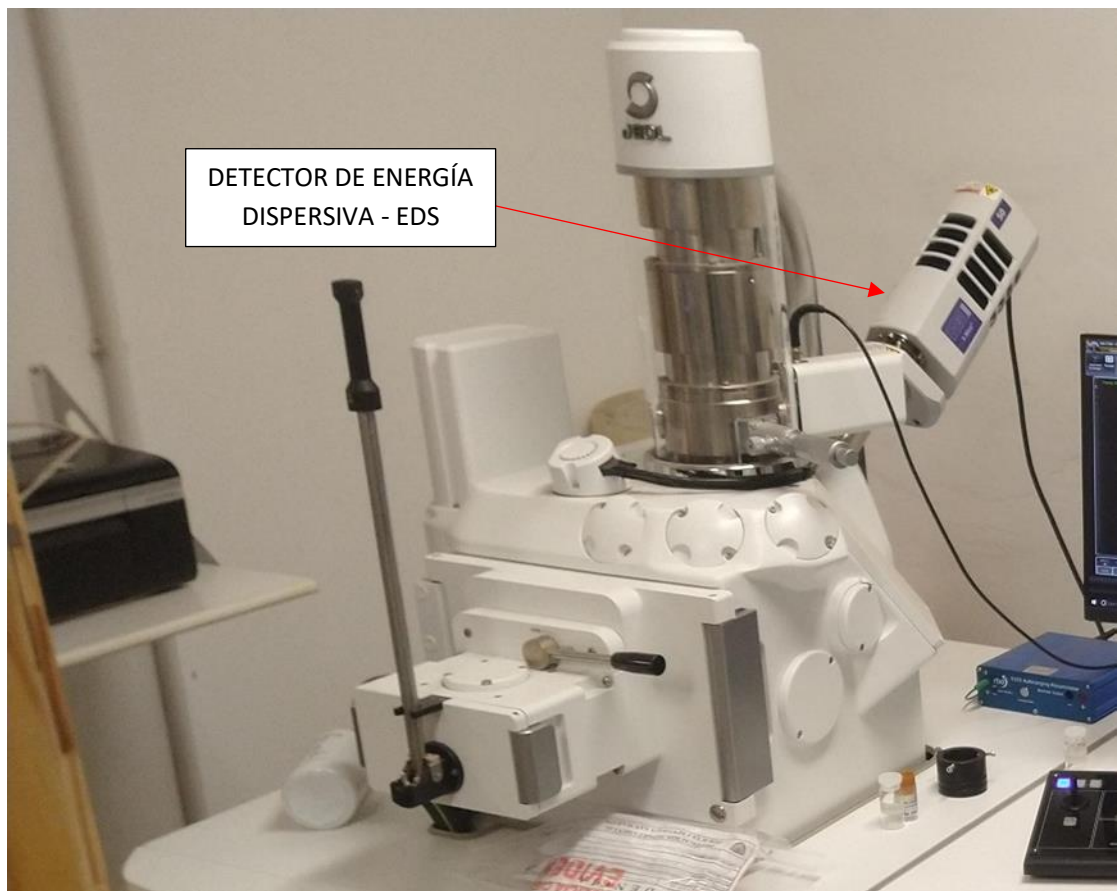


La sonda EDS en funcionamiento identificando la composición elemental de cada partícula

Fuente: elaboración propia.

“Cuando el haz de electrones impacta la muestra, estos le transmiten parte de su energía ocasionando que electrones de la muestra le sean desprendidos emitiendo rayos X; la longitud de onda de emisión es particular a cada elemento.”¹

La EDS proporciona información morfológica muy útil, pero, fundamentalmente, de la composición elemental de las partículas, o sea, tiene la capacidad de analizar cada una de las partículas que encontró el MEB en el stub y descomponer cada elemento

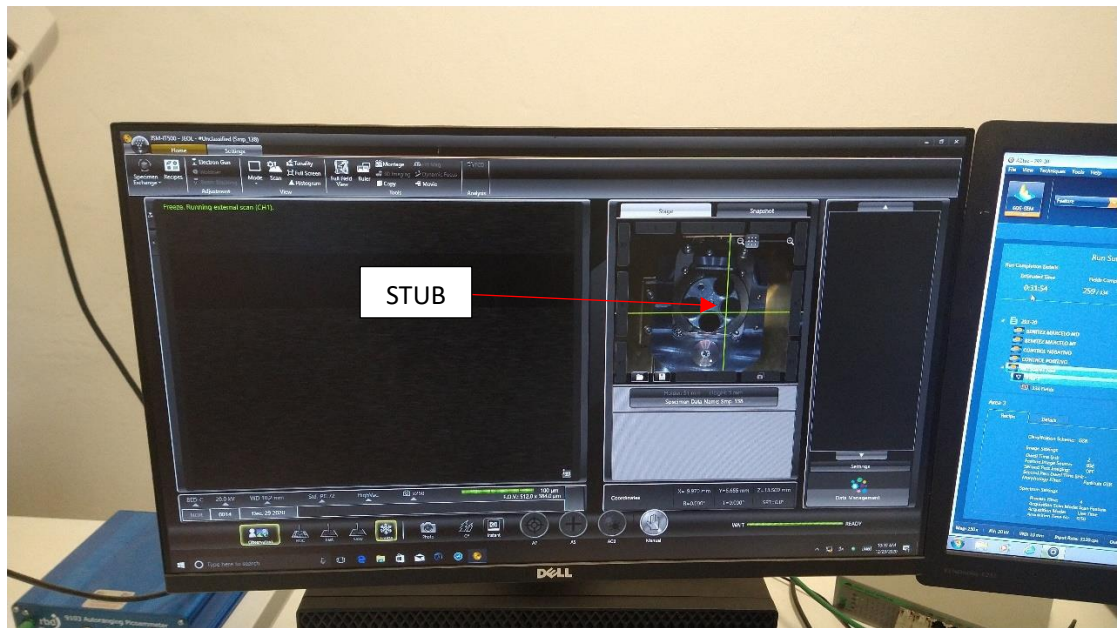


EDS: Energy Dispersive Spectrometer. Fuente: elaboración propia.

que la componen indicando inclusive los porcentajes de cada uno de ellos y, lo que es también muy importante y que ya hemos señalado, lo hace sin destruir la muestra permitiendo su preservación. En el caso de los MEB que son utilizados con fines

¹ José Manuel Martínez Sosa, *Análisis de residuos de disparo por cromatografía de gases con detector selectivo de masas y por cromatografía electrocinética micelar con detector ultravioleta*, Santiago de Cali, Universidad del Valle, año 2012, pág. 29

forenses, la técnica consiste en recorrer sistemáticamente la superficie de la muestra buscando partículas cuya forma y brillo se corresponda con el de una partícula característica de GSR y, una vez localizada, posicionadas exactamente en el stub, son analizadas, mediante la sonda de rayos X dando como resultado la composición química elemental de la partícula. El software que utiliza posee diferentes filtros para descartar o confirmar la composición química de la partícula, dando un resultado certero confirmatorio.



Pantalla de calibración del stub dentro de la cámara de muestras. Fuente: elaboración propia.

En síntesis, su importancia radica en que “La aplicación de la Microscopía Electrónica de Barrido, dentro de las áreas de la Criminalística y de las Ciencias Forenses, se ha convertido en los últimos años, en una práctica de uso casi rutinario para el análisis de evidencias, proporcionando resultados objetivos y reproducibles.”¹

¹ Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata, **Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba**, pág.5

X- HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ Al producirse un disparo con un arma de fuego, muchas de las partículas GSR que se forman en el fenómeno; que salen y encuentran un *telón interpuesto a una distancia de unos 25 cm en su trayectoria*¹, tomarán el camino apuesto a la dirección que salen expulsados los gases y en la que viaja el proyectil.
- ✓ El orificio de entrada del proyectil, al traspasar éste un telón interpuesto a una distancia de 25cm, no es suficiente para dejar pasar en su totalidad la nube de gases haciendo continuar su trayectoria; no pudiendo evitar el efecto de retrodispersión de los residuos del disparo provocados por el plano del telón.
- ✓ Una persona que, en ocasión de intentar una defensa ante un ataque con un arma de fuego, estando en proximidad de su atacante y pudiendo tomar el arma por su cañón para intentar desviar el disparo, puede terminar con partículas características en las mismas zonas de la mano que el tirador por efecto de la retrodispersión.

¹ Ver punto III- Resumen, pág. 4

XI- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- Se identificaron todos los datos relevantes disponibles del hecho real que sirvió como referencia para la realización de este trabajo para poder usarlos de guía en el armado de la simulación en laboratorio.
- Se busco y consiguió un arma de mayor calibre y potencia a la del hecho real, un revolver Taurus Raging Bull calibre .44 Smith y Wesson (S&W) Magnum de 8,375 pulgadas de largo de cañón; para poder lograr las mejores performances posibles en cuanto a la expulsión de gases, pero de características similares en cuanto al largo del cañón lo cual es fundamental para poder ubicar un colector de GSR en la posición donde podrían haber estado las manos de la víctima.



Revolver Taurus Raging Bull .44 S&W Magnum de 8,375 pulgadas (21.27 cm) de largo de cañón.

Fuente: elaboración propia.

- Se realizó un curso de manejo de armas de fuego con instructores de tiro aprobados por la ANMaC en el Polígono del Tiro Federal de Balcarce, para lograr un correcto manejo del arma y buenos hábitos en materia de seguridad.



Curso de tiro con instructores aprobados por la ANMaC. Fuente: elaboración propia.

- Se realizaron diferentes pruebas de disparo para evaluar la eliminación de todas las variables posibles (distancia, posición, condición ambiental, cartuchos) y el comportamiento del arma al momento de ser disparada.



Secuencia que muestra una prueba con cartucho del tipo recarga. Se aprecian claramente las características del calibre y el "cabeceo" del arma provocado por su potencia.

Fuente: elaboración propia.

- Se adquirió una caja nueva de cartuchos MAGTECH para poder disponer de los mismos en las condiciones en que salen de fabrica (Factory)



Cartuchos MAGTECH calibre .44 S&W Magnum x 50. Fuente: elaboración propia.

- Se realizó un módulo de iluminación con reflectores led par 16 con regulación de intensidad, de luz blanca cálida y posibilidad de poner filtros de colores.



Armado de set de luces con reflectores par 16. Fuente: elaboración propia

- Se adquirieron kit de recolección de partículas GSR para la toma de la muestra.
- Se diseño e hizo el colector de partículas GSR del mismo tamaño que el disco del *stub*.
- Se fabrico, con hierro y chapa reciclada, un dispositivo al que se denominó “*Banco de Puntería Fija*” (BPF), el cual tiene la función de sostener el colector de GSR y fijar el arma a través de una zapata hecha a medida para el revolver que se utilizó en la prueba, permitiendo su perfecta alineación con el tubo recuperador y el telón interpuesto, tanto vertical como horizontal.



Corte de hierro reciclado que formara la estructura del Banco de Puntería Fija (BPF)

Soldado de la zapata hecha a medida para el revolver Taurus Raging Bull .44 S&W Magnum



Banco de Puntería Fija (BPF) finalizado. Fuente: elaboración propia.

- Se realizaron también pruebas de disparo para lograr la mejor eficiencia en los registros fílmicos y obtener las mejores condiciones de luz, contraste y posición de las cámaras.





Diferentes pruebas en búsqueda de las mejores condiciones para registrar la nube de gases producida por el disparo. Fuente: elaboración propia.



Pruebas en búsqueda de las mejores condiciones luminicas y angulos para registrar la nube de gases producida por el disparo. Fuente: elaboración propia.

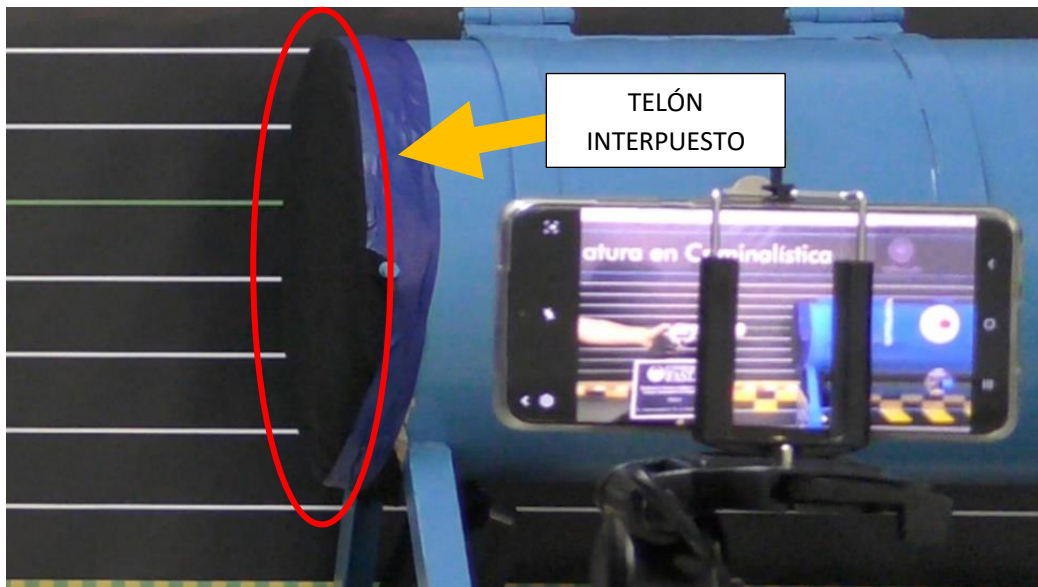
- Se realizó también una prueba con con dos equipos emisores de luz UV¹ Atlas fluotest de 366 NM



Prueba con emisores UV en búsqueda de diferentes registros. Las luces UV no dieron los resultados esperados. Fuente: elaboración propia.

¹ Luz Ultra Violeta, rango visible entre los 350 y los 400 NM (nanómetros)

- Se preparo un tubo recuperador balístico de keblar, al que se le retiro la boca y se le coloco en su reemplazo una tapa de cartón corrugado envuelta en tela de algodón, fijándola a los bordes del tubo dándole la mayor tensión que fue posible, para poder lograr como resultado, el efecto del telón interpuesto.



*Tubo recuperador con el telón interpuesto hecho de cartón corrugado y envuelto en tela de algodón.
Fuente elaboración propia.*

- Se diseño, fabrico y colocó un telón de fondo en escala 1:1 para poder mejorar los registros fílmicos y fotográficos del disparo, optimizando el contraste y permitiendo hacer mediciones en tiempo real de edición.



*Proceso de impresión del telón a escala para mejorar los registros fílmicos.
Fuente: elaboración propia.*



Telón terminado. Fuente: elaboración propia.

- Se preparó y aisló una locación para armar el set de disparo para evitar cualquier tipo de contaminación o situación que pudiera afectar la prueba empírica, tapando ventanas, ductos de ventilación y todo tipo de aberturas.



Se preparó y aisló una locación para armar el set de disparo. Fuente: elaboración propia.

- Se requirió la colaboración de un armero profesional para que haga un desarme y limpieza total del arma para poder realizar la prueba sin restos preexistentes de disparos anteriores.



Limpieza del arma antes del disparo para eliminar residuos de disparos anteriores.

Fuente: elaboración propia.

- Se utilizó instrumental para medir la presión y la temperatura al momento del disparo, variables que esta investigación no cuenta con los medios técnicos para poder controlar.



Instrumental para medir temperatura, presión atmosférica y humedad al momento del disparo.

Fuente: elaboración propia.

- Se diseñó y fabricó específicamente desde un cartucho del calibre del arma que se utilizó en la prueba, un colimador laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) con el que se pudo lograr con total precisión, la alineación deseada con el telón interpuesto, en cada disparo.



Colimador hecho con un cartucho del arma utilizada. Fuente: elaboración propia.



*Colimador dentro de la recámara o alveolo proyectando la trayectoria del proyectil.
Fuente: elaboración propia.*

- Se colocó el arma en la zapata del Banco de Puntería Fija (BPF) a una distancia en la que, la boca del cañón, quedó a 25 cm del plano del telón interpuesto y el colector de partículas GSR a 35 cm del plano del telón interpuesto.
- Se realizó la alineación, tanto vertical como horizontal del arma, con el centro del tubo recuperador balístico y del telón interpuesto; utilizando el colimador láser fabricado para tal fin.
- Se ubicaron las cámaras de video para hacer los registros filmicos. Previamente, en jornadas anteriores, se realizaron disparos de prueba y se hicieron registros filmicos con diferentes tipos de luz y fondos para optimizar las condiciones de filmación y poder obtener los mejores contrastes de la nube de gases expulsada por la boca del cañón al momento de producirse el disparo y abandonar el proyectil el arma.



Todo el armado finalizado, con las cámaras ubicadas para hacer los registros.

Fuente: elaboración propia

- Se tomaron todas las medidas de seguridad, tanto del tirador como de los auxiliares, como el uso de chaleco antibala del tirador, protectores auditivos del tipo sordina para el tirador y auxiliares, anteojos de protección para el tirador.



Chequeando las medidas de seguridad antes del disparo. Fuente: elaboración propia.

- Se cargo el arma y se dejó lista para el disparo.
- Se realizo el disparo, inmediatamente se desmonto el arma y el tirador se alejó de la misma para evitar cualquier tipo de contaminación accidental.
- Se hizo ingresar un auxiliar que no se encontraba dentro del set para evitar la contaminación, el cual hizo la apertura del kit y tomo la muestra del colector de GSR.
- Se cerro el kit, se rotulo y se almaceno fuera del set de disparo.

- Se realizaron registros fílmicos de la experiencia empírica.

- Se envió la muestra a la División de Microscopia Electrónica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires para su análisis.

- Se analizaron los resultados y se cotejaron con los registros fílmicos obtenidos.

XII- FASE EMPÍRICA O EXPERIMENTAL.



La fase empírica o experimental propiamente dicha se dividió en tres etapas diferentes, de las cuales dos de ellas se realizaron en el Instituto de Ciencias Forenses de la ciudad de Mar del Plata, dependiente del Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, en diciembre del 2020 y que fueron documentadas a través de registros fílmicos y fotográficos que ilustran la experiencia. La tercera etapa se realizó en las dependencias del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires bajo la supervisión de la Lic. en Bioquímica, subteniente María Alejandra Lucero quien estuvo a cargo del análisis de las muestras, la confección del informe y el asesoramiento técnico al investigador.

Las tres etapas de esta fase empírica son:

1. ETAPA DE PREPARACIÓN
2. ETAPA DE DISPARO Y RECOLECCIÓN
3. ETAPA DE ANALISIS

Por las características de la etapa de disparo, se requirió la colaboración de personal de la Delegación Departamental Mar del Plata de Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires, el cual ofició de auxiliar para con el investigador colaborando con la recolección de la muestra para evitar la manipulación del kit por parte del tirador y evitar el riesgo de contaminación de la misma, siguiendo todos los pasos del *protocolo de extracción*.¹

Si bien es cierto que, lo que termina de corroborar o no la hipótesis de investigación planteada es el resultado final del análisis de la muestra hecho en la etapa cuatro por parte del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires, esta tesis también le dio un lugar preponderante a los registros fílmicos y fotográficos porque creemos que ayuda a la comprensión e ilustración de los fenómenos caóticos producidos al producirse el disparo con la nube de gases que, en definitiva, es el medio en el que se termina formando la partícula con las solidificación y fusión de sus elementos.

Para finalizar y comenzar a describir las tres etapas en que se dividió esta prueba empírica, vamos a mencionar solamente, ya que será desarrollado más detalladamente en el punto XIII - DISCUSIÓN DE RESULTADOS, que se realizó un disparo que resultó fallido en cuanto a la toma de la muestra pero que también forma parte de esta investigación debido a que entregó información sobre el comportamiento de las partículas GSR que es el tema de investigación de esta tesis.

¹ Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata, **Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba**, pág.7

ETAPA UNO – PREPARACIÓN.



En esta etapa se puso en condiciones el arma para hacer el disparo y se hizo el armado final de todo el set en donde se realizó la prueba, teniendo en cuenta dentro de dicho armado, todas las cuestiones inherentes a la seguridad del investigador y sus colaboradores, como también la preparación del espacio para tomar registros como su aislamiento para evitar alteraciones de las condiciones ambientales o contaminaciones no deseadas.

Como se explicó de manera resumida en el punto XI – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, se preparó un área dentro de una locación, para realizar los disparos en las condiciones que lo requiere la hipótesis. El lugar elegido fue un espacio ubicado en el Instituto de Ciencias Forenses de la Ciudad de Mar del Plata del Ministerio Público Fiscal de la Provincia de Buenos Aires; de forma rectangular de 5 mts de largo por 4 mts de ancho y 2.7 mts de altura.



Instituto de Ciencias Forenses de Mar del Plata. Fuente: elaboración propia.

Este sector de la locación, que es parte de un SUM de la dependencia, se le hizo el tapado de ventanas con cartulinas negras y polietileno negro para evitar la entrada de la luz proveniente del exterior del edificio.



Ventanas tapadas con cartulinas negras y polietileno negro virgen para oscurecer el espacio

También se le hizo también un cerramiento con polietileno negro virgen en rollo de 200 micrones desde el techo, al que se fijó con un listón de madera de $\frac{1}{2}$ x 1 pulgada sujetado con diez tornillos de 1.5 pulgadas por 4mm de largo con tarugos para Durlock, y también al piso y de pared a pared con cinta del tipo "Tape" lo que, en su conjunto, logró el efecto deseado de estanqueidad que se buscaba dentro del set, dando una buena aislación no solo como barrera para el polvo ambiental sino también para corrientes de aire que podrían producirse dentro del edificio. Finalmente, también se taparon las tomas de succión y las bocas de entrada de aire del sistema de climatización central. A pesar que, varias horas antes de hacer el disparo el equipo fue apagado, estos ductos igualmente fueron tapados para evitar, en todo lo posible, cualquier tipo de contaminación externa al área de disparo.



Cerramiento con polietileno virgen de 200 micrones. Fuente: elaboración propia.

Finalizados estos preparativos, se colocó el telón negro sobre una de las paredes del set, con dos listones de $\frac{1}{2}$ x 1 pulgada amurados con tornillos y tarugos de 1,5 pulgadas x 4 mm que hacen de bastidor de la tela dándole tensión y evitando que se arrugue. Este telón, es el que sirvió de contraste y que posee escalas métricas para poder tener, a simple vista, referencias de distancia y tamaño, tanto en los registros fílmicos como fotográficos y fue

íntegramente diseñado para esta investigación. Entre sus particularidades, aparte de tener las referencias métricas mencionadas, fue impreso sobre una lona vinílica con una técnica conocida como de tinta al agua con curado UV, la cual hace que, la impresión, sea más mate reduciendo sensiblemente los reflejos indeseados de las fuentes de luz.



Telón impreso en tinta con curado UV, terminado y colocado. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se preparó un tubo recuperador cargado con fibras de keblar deshilachadas y comprimidas como material amortiguante, al cual se le quitó la boca y se le dejó la abertura completa. En reemplazo de la boca, se le colocó el telón interpuesto, el cual se realizó con cartón corrugado y se lo envolvió en tela negra de algodón estirándolo y dándole la mayor tensión posible.

También se preparó el material de recolección de partículas, el kit de recolección, los guantes descartables de nitrilo y una pinza de carbono para retirar el protector del stub y manipularlo sin hacer contacto con el mismo.

Seguidamente, se puso en posición el Banco de Puntería Fija (BPF). Este elemento, también fue fabricado especialmente para esta investigación. Una de sus funciones es transformar las variables de distancia, posición e inclinación en constantes, pudiendo

determinar y fijar, con total certeza, las distancias entre la boca del cañón y el telón interpuesto que, en este caso, se colocó el arma en la zapata quedando la boca a 25 cm del plano del telón y, el colector de partículas GSR, a 35 cm del plano del telón interpuesto. La altura del arma, la cual se calculó en su fabricación para que, el centro del cañón coincida con el centro del tubo recuperador; pudiéndose ajustar con un sistema de patas regulables que posee en dos de ellas. Por último, la inclinación del arma, la cual se logra con un sistema de corredera que tiene incorporado en el brazo de agarre del cañón y que es parte de la zapata especialmente hecha para el revolver Taurus .44 magnum que se utilizó en la tesis. Otra de las funciones del BPF es la de otorgar seguridad al investigador y sus colaboradores; esto lo hace por su forma, que le da mucha estabilidad, y los materiales en que está fabricado. Su zapata (donde el arma va agarrada) está unida al resto del artefacto con dos bulones de gran tamaño que logran un ajuste muy fuerte. Por otro lado, todo el BPF pesa más de 50 kg lo que le da la solidez necesaria para contener el movimiento (cabeceo y retroceso) que realiza cuando libera la energía en un disparo, un arma con la potencia del Taurus Raging Bull .44 Magnum.



El arma está colocada sobre el BPF en la distancia final de disparo.

Fuente: elaboración propia.

Por último, en cuanto al armado de toda la condición de tiro, se colocó la iluminación adecuada para tomar los registros fílmicos y fotográficos, para finalmente ubicar las cámaras de video en los diferentes ángulos para captar, de la mejor manera posible, la nube de gases que se produce al momento del disparo del arma de fuego.



Cámaras de video ubicadas para captar la nube de gases. Fuente: elaboración propia

Con respecto al arma, el revolver Raging Bull calibre .44 Magnum, también debió ponerse a punto, debido a que la misma, venía siendo utilizada por su propietario y posteriormente también por el investigador; como se explicó en el punto XI – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, para realizar las pruebas que definieron todos los aspectos inherentes al BPF y al área de disparo para favorecer los registros. La puesta a punto del arma consistió en el desarme de la misma y la limpieza de sus componentes, principalmente los que están sometidos de manera directa a los efectos provocados por el disparo del arma: el tambor con sus alveolos o recamaras y el cañón. Dicha tarea fue realizada por un profesional idóneo en la materia, el mecánico armero de la Delegación Departamental de Policía Científica Mar del Plata.



Limpieza de cañón y tambor realizada por el mecánico armero de Policía Científica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: elaboración propia.

Con esta limpieza, se logró dejar el arma limpia de restos de GSR de disparos anteriores, arrancando en esta etapa empírica, con el arma en las mejores condiciones posibles.

En cuestiones de seguridad, se consiguió un chaleco antibalas para proteger al tirador, cedido para esta investigación por el Departamento de Criminalística de la Delegación de la

Policía Científica de la Policía de la Provincia de Buenos Aires, que se agregó al resto de los accesorios utilizados, como anteojos protectores y sordinas auditivas.

ETAPA DOS – DISPARO Y RECOLECCIÓN

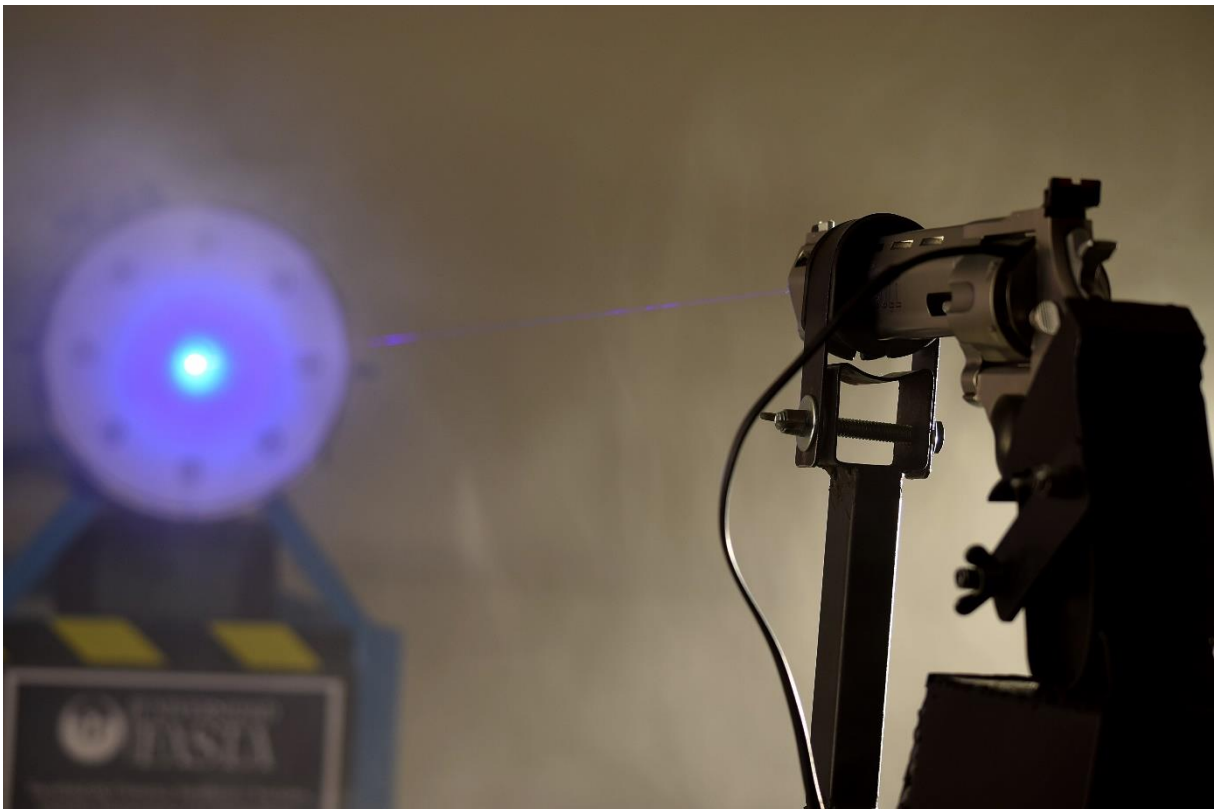


En esta segunda etapa de la fase empírica se procedió a hacer el disparo con el arma de fuego.

Previamente, aparte de los preparativos descritos en la ETAPA UNO, se hizo el apagado, media hora antes, del equipo de climatización central que da servicio al edificio, para evitar corrientes de aire indeseadas que pudieran modificar el comportamiento de la nube de gases.

Para esta etapa, el investigador contó con la colaboración y asistencia de personal del Departamento de Criminalística de la Delegación de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires.

Con las cámaras que iban a realizar los registros fílmicos ubicadas en sus respectivas posiciones y las luces encendidas, el investigador hizo la alineación final del arma con el tubo recuperador utilizando el colimador laser especialmente fabricado para el arma; colocándolo en la recamara o alveolo alineado con el cañón y procediendo a encenderlo para proyectar el láser en el centro del telón interpuesto, asegurando de esta manera, la correcta trayectoria del proyectil al disparar el arma.



Colimador puesto en la recamara alineada apuntando al medio del tubo recuperador de keblar (fotografía ilustrativa) Fuente: elaboración propia.

También se tomaron los registros de las condiciones ambientales los cuales entregaron los siguientes valores. Hora: 19.15, temperatura: 23.9°, humedad: 42%, presión atmosférica: 1010 milibares.

Seguidamente el investigador, que fue quien realizó el disparo, se colocó el chaleco antibalas, los anteojos de seguridad, la sordina auditiva y se encendieron todas las cámaras comenzando a hacer el registro fílmico de la prueba.

Con todo en condiciones, el investigador pidió que se desaloje el área de tiro; se cargó un cartucho Magtech en el arma de la caja adquirida para la prueba, se cerró el tambor dejando el alveolo cargado en la posición anterior al de la alineación con el cañón para que, al hacer el accionamiento del martillo, la recámara cargada se alinee con el cañón y pueda producirse el disparo. Los colaboradores también se colocaron sus elementos de seguridad.

Posteriormente se procedió a cerrar el tambor, accionar el martillo a la posición de doble acción y se dio la voz de “va disparo” para anunciar al resto de los presentes que se iba a efectuar, de manera inminente, el disparo del arma.



Momento previo al disparo del arma de fuego. Fuente: elaboración propia.

Se realizó el disparo del arma de fuego.





Secuencia fotográfica del disparo, cámara 960 fps¹. Se observa la nube de gases encendida saliendo por la boca del cañón, compensador de boca y espacios entre el tambor y el espaldón y el cono de forzamiento del cañón. Fuente: elaboración propia.

¹ FPS = frames por segundo. Es la cantidad de cuadros en un (1) segundo que conforman una película.



Mismo disparo desde otra cámara de 60 fps en Full HD. Fuente: elaboración propia.



Angulo diferente en Full Hd velocidad normal. Fuente: elaboración propia.

Se dio la voz de “alto el fuego” para anunciar al resto de los presentes que se pasaba nuevamente a una condición de seguridad en el arma, sin cartucho cargado, sin amartillamiento y con el tambor rebatido.

El tirador se retiró del área de disparo sin tomar contacto con nada. Simultáneamente, ingresó al área de disparo un integrante de la División de Criminalística de la Delegación de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires que, cumpliendo con los puntos de protocolo seguido por esta investigación para el levantamiento de muestras de partículas GSR, se abocó a la tarea del levantamiento siguiendo las indicaciones del mismo:

“a) Lávese sus manos con alcohol.

b) Póngase los guantes.

c) Abra la bolsa y retire un frasco muestreador.

d) Destape el muestreador, quite el film que tapa el disco de carbono con una pinza de punta fina. Asegúrese de no apoyar el disco adhesivo sobre ninguna superficie, solo debe tocar la superficie del objeto a muestrear. Mantengo el muestreador con el adhesivo hacia abajo.

e) Solo se abre un muestreador por vez, NUNCA tener abierto más de uno.

f) Apoye el muestreador sobre la superficie a muestrear. (No deslizar ni rotar). Tome muestras sobre distintas regiones de la misma superficie hasta que el disco no presente adherencia.

g) Fechar el frasco portamuestras e identificar.”¹

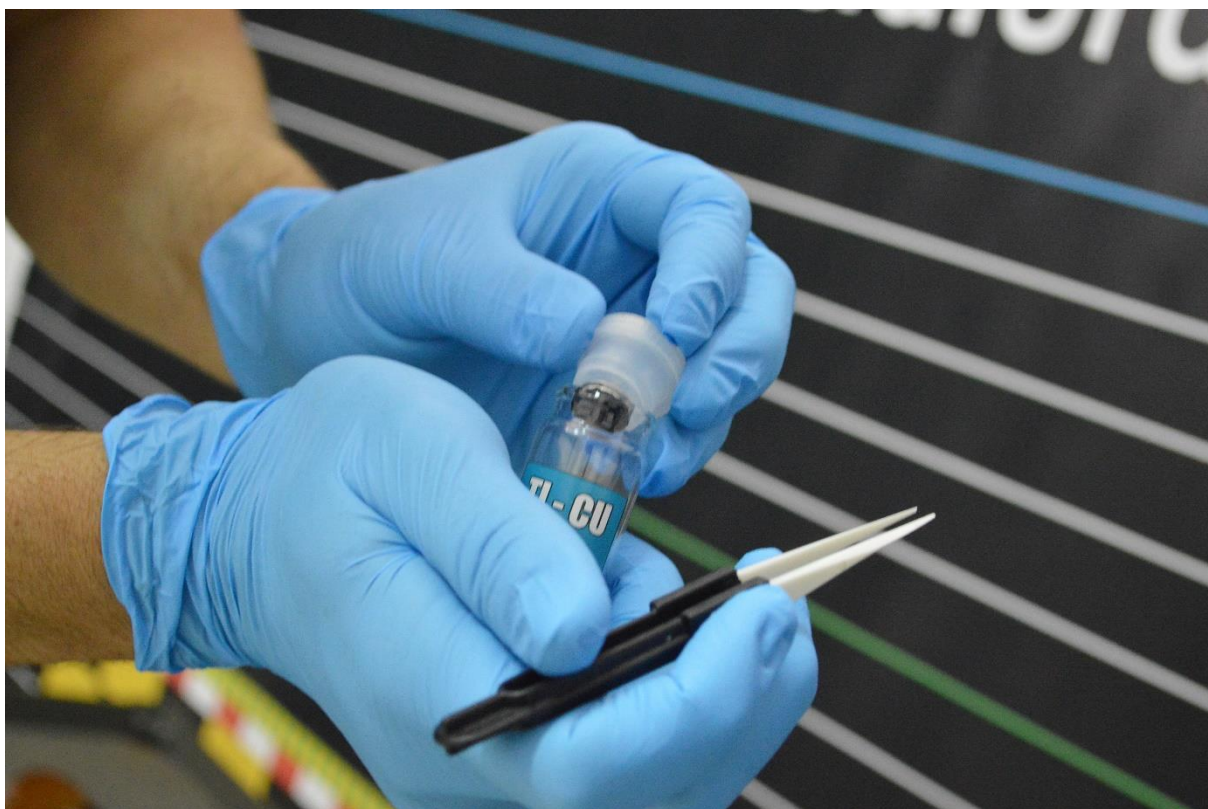
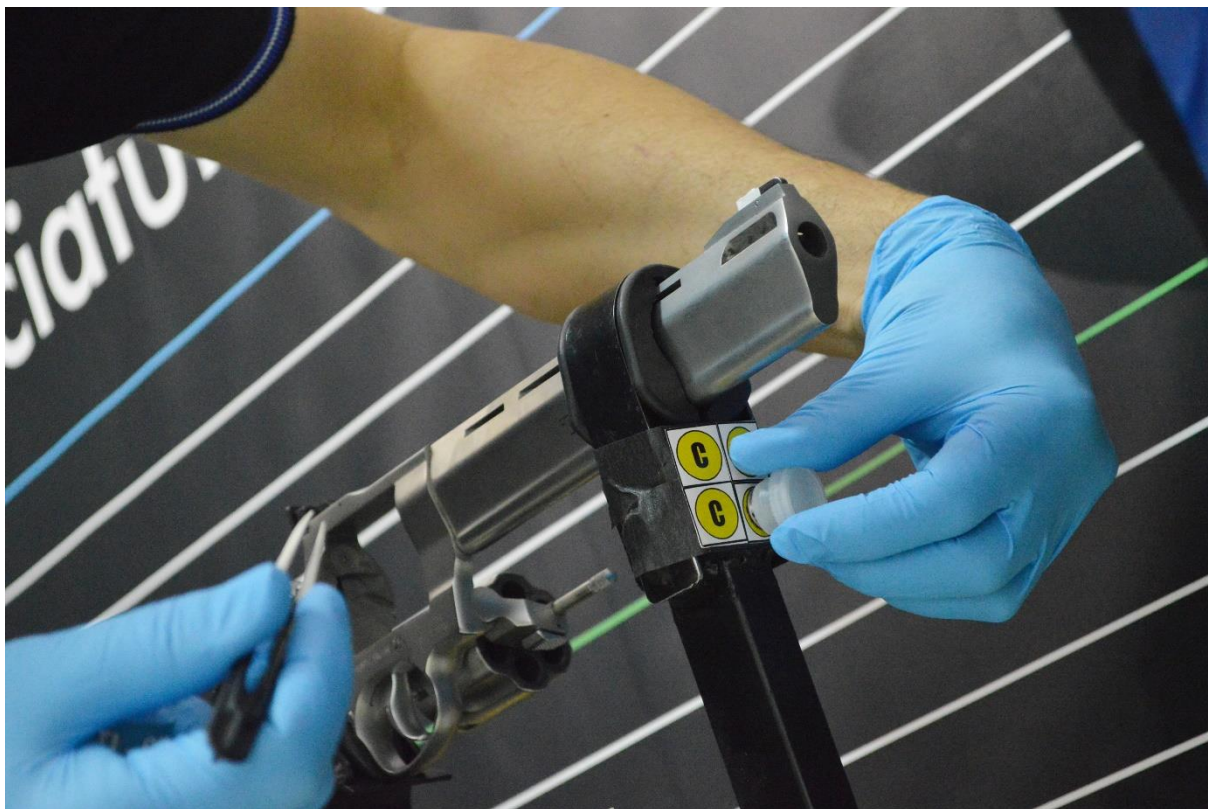
¹ Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata, **Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba**, pág. 8



Guantes de nitrilo, pinza de carbono para retirar el protector del stub y el kit de recolección. Todo listo para tomar la muestra. Fuente: elaboración propia.

Es importante recordar que, la posición del colector de partículas, es la misma que tendrían las manos de la víctima del caso real, intentando agarrar el cañón del arma en una maniobra defensiva. Al hacer la colecta de partículas en esta posición, por delante y por arriba del conjunto arco guardamonte y cola del disparador y por detrás de la boca del cañón, se están recolectando por fuera de la zona en donde habitualmente se colectan las partículas en la mano del tirador. En este caso, es la intención del investigador, entender el comportamiento de la partícula actuando en una condición de tiro con un telón interpuesto.

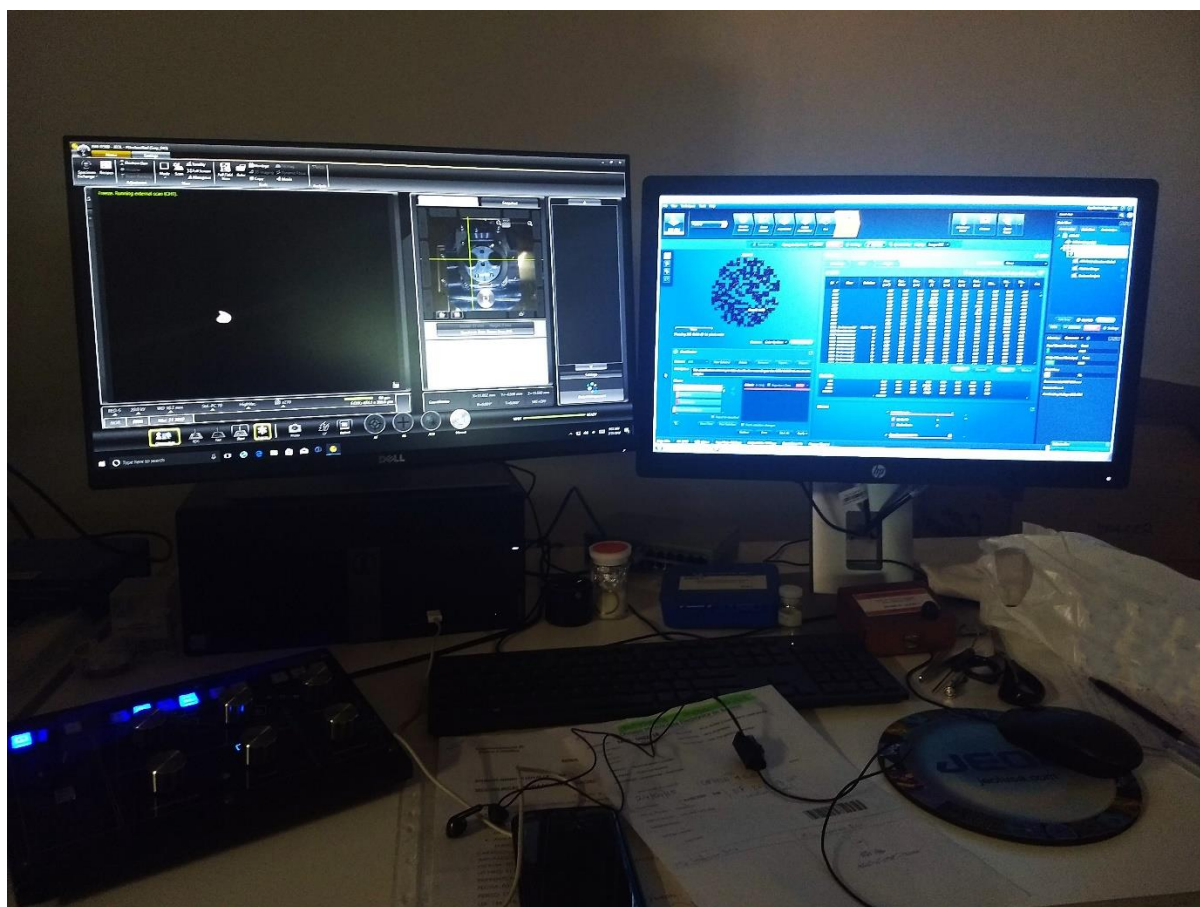




Secuencia de toma de la muestra con el stub. Fuente: elaboración propia.

Se cerro el colector introduciendo la tapa con el stub en su boca y se procedió a prepararlo para su envío.

ETAPA TRES – ANALISIS



Esta es la etapa que no fue realizada en el Instituto de Ciencias Forenses de la ciudad de Mar del Plata sino en la División de Microscopía Electrónica de la Policía Científica de la Provincia de Buenos Aires con asiento en la ciudad de La Plata.

Finalizada la ETAPA DOS – DISPARO Y RECOLECCIÓN, se procedió a preparar la muestra y, el investigador, la llevó personalmente al laboratorio que realizó el análisis de

microscopía electrónica; siendo la Lic. en Bioquímica, la subteniente Alejandra Lucero, quien la recepcionó y se encargó de su tratamiento.

A tales efectos, la técnica que hizo el análisis de la muestra, elaboró el siguiente informe que a continuación se reproduce en su totalidad y de manera textual:

DIVISION MICROSCOPIA ELECTRONICA

LA PLATA, 15 de SEPTIEMBRE de 2021.-

A solicitud del Sr Luciano Nuñez, se procede a un microanálisis de la muestra remitida identificada como TICU.El material recibido en esta División, se compone de un frasco de vidrio transparente, cerrados con tapa plástica de color blanco, conteniendo en su interior un dispositivo con disco adhesivo de carbono para la toma de muestras de residuos adheridos a superficies.



Se procedió al análisis de las muestras, tomadas sobre discos de carbono, por medio de un Microscopio Electrónico de Barrido con sonda EDS, (JEOL-JSM 6490LV, Sonda de Rayos X (Noram System Six) a efecto de investigar la presencia de Plomo, Bario y Antimonio, como restos de deflagración, por ser estos componentes habituales de diferentes mezclas de sustancias, utilizadas en la fabricación de iniciadores (detonadores).

Microscopio de Barrido Electrónico y sonda de rayos X. Funcionamiento.

El equipo utilizado se compone de tres partes fundamentales para el análisis

1-El cañón: *posee en su parte superior un filamento que, al estar el equipo en vacío y sometido a un alto voltaje, emite un haz de electrones los cuales son direccionados por una serie de dispositivos electromagnéticos llamados aperturas.*

2-Cámara de vacío: *aquí se pone la muestra a estudiar y la misma es bombardeada por los electrones que emite el cañón, así los átomos de la muestra son excitados energéticamente y la muestra despiden distintas señales que son captadas por unos dispositivos llamados detectores, estos generan una imagen por medio de un software.*

3-Detector de sonda de rayos X: *capta las señales de rayos x que despiden la muestra al ser bombardeada por electrones, en base a ello identifica que elementos químicos elementales se hallan presentes en la muestra (la señal de rayos X es única y específica para cada elemento de la tabla periódica).*

DETECCION Y CALIBRACION:

Las partículas de GSR son detectadas por su intensidad de señal de electrones retrodispersados. La intensidad de la señal absoluta que produce una partícula está relacionada con la corriente del haz de electrones. Las partículas cuyo número atómico es más alto van a ser más brillantes que aquellas que su número atómico es bajo.

Se usa una muestra patrón para calibrar los umbrales de detección. Los ajustes de brillo y contraste (bajo y alto) del sistema de electrones retrodispersados determina los límites de

detección y la discriminación de las partículas cuyo número atómico supere el umbral mínimo y estén por debajo del umbral máximo, se coloca en la platina junto con las muestras a analizar. Con el detector de electrones retrodispersados el brillo y el contraste se establece de manera tal que se incluyan las partículas de número atómico alto y se excluyan las de número atómico bajo.

CONTROL DE CALIDAD:

Control positivo: muestra de referencia con partículas GSR de tamaño y composición definidos.

Control negativo: muestra blanco, libre de partículas GSR.

ANÁLISIS DE DATOS:

Definición y clasificación:

Morfología: las partículas GSR detectadas y analizadas son esferoides, no cristalinas cuyo tamaño promedio oscila entre 0.5 y 5.0 micrómetros de diámetro. Dado que la morfología varía mucho, nunca se debe considerar como criterio único de identificación.

Composición elemental:

Para identificar una partícula como GSR, se analiza su composición elemental siendo esta Plomo, Bario y Antimonio

Análisis por energía dispersiva de rayos X:

Las partículas detectadas empleado la señal de electrones retro dispersados, cuya señal de brillo excede el valor umbral deseado, son las que se consideran para el análisis. Se recoge un espectro de EDS de cada partícula detectada mediante la colocación del haz de electrones

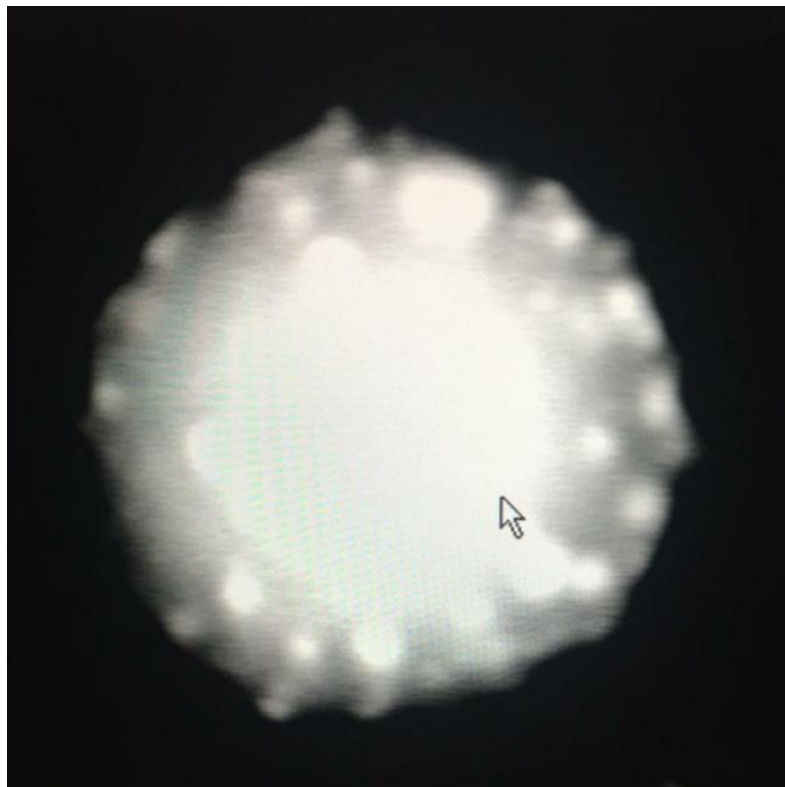
en el modo puntual en el centro de la partícula o del barrido de una zona dentro del volumen de la partícula. Suficientes recuentos de rayos X son acumulados para proporcionar una identificación altamente segura de todos los elementos de interés

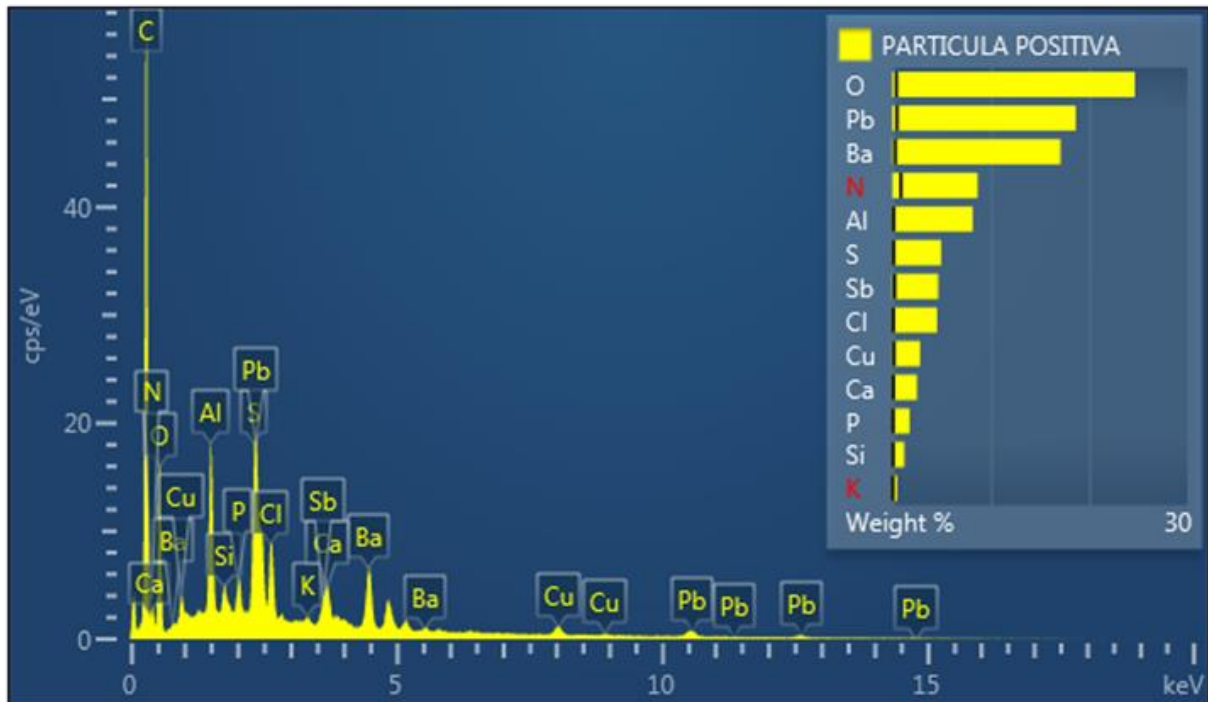
La composición de las partículas identificadas como características de GSR se confirma por análisis manual de la partícula y la readquisición del espectro de rayos X.

RESULTADOS:

*En la muestra recibida, identificada como **TICU**, tomadas sobre discos adhesivos de carbono:
Se encontraron **fusionados** los elementos investigados.*

De acuerdo al Protocolo de trabajo para el análisis de residuos de disparo de arma de fuego por microscopía electrónica de barrido con EDS, con fecha 23 de agosto de 2012, se considera positivo en análisis cuando se halle al menos una partícula de las definidas como característica.





OBSERVACIONES:

- La aplicación de la **Espectroscopia Dispersiva en Energía (EDS)**, se basa en la interacción de los rayos X con la materia, en este caso un electrón es arrancado de un nivel energético del átomo, provocando discontinuidades bruscas en la absorción continua de la radiación, éstas últimas, **únicas para cada elemento**, lo que permite su análisis.
- Debe tenerse presente que las partículas provenientes de la deflagración por disparo de arma de fuego, poseen distinto tamaño, presentando diferente fuerza de impacto y una distribución de tipo aleatoria sobre la superficie periférica donde son proyectadas, **no quedando firmemente adheridas, pudiendo variar dicha distribución en el tiempo y/o por la actividad desarrollada por el individuo**. Teniendo en cuenta lo mencionado, la toma de muestra constituye una etapa crítica para lograr un óptimo levantamiento del material particulado proveniente de la deflagración, depositado sobre una superficie.
- Los elementos Plomo, Bario, y Antimonio, no son exclusivos del iniciador, pero si en la muestra se encuentra la presencia de los **tres elementos fusionados**, manteniendo una

estructura morfológica característica, basándonos en bibliografía respaldatoria, se considera que estos metales son residuos de la deflagración por disparo de arma de fuego.

BIBLIOGRAFÍA:

- *J. Goldstein, D. Newbury, D. Joy, C. Lyman, P. Echlin; E. Lifshin, L. Sawyer, and J. Michael, "SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND X RAY MICROANALYSIS", editorial "SPRINGER", United Status of America 2007.-*
- *J. Lebiezik, DL Jonson. "RAPID SEARCH AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF GINSHOT RESIUDE PARTICULES IN THE SEM." J. Forensic Sci. 2000; 45(1): 83-92*
- *Hsien-Hui Meng, Hsei-Chang Lee "ELEMENTAL ANALYSIS OF PRIMER MIXTURES AND GUNSHOT RESIDUES FRON HANDGUN CARTRIGES COMMONLY ENCOUNTERES IN TAIWAN. J. Forensic Sci. 2007; 6(1): 39-54*
- *Francesco Saveiro Rómulo, Pierre Margot "IDENTIFICACION OF GUNSHOT RESIDUE: A CRITICAL REVIEW" J. Forensic Sci. Internacional 119 (2001); 195-221.*
- *J. Andrasko, A.C. Maehly, "DETECTION OF GUNSHOT RESIDUE ON HANDS BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY" J. Forensic Sci. 22 (1977) 279-287.*
- *ASTM E1588-17 "Standard Practice for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry1".*

CONCLUSIÓN:

En base a lo expuesto y de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que:

*I) En la muestra recibida identificada como **TICU**: Se obtuvo resultado **POSITIVO** para residuos de disparo de arma de fuego.*

*Se destaca que la presencia de los elementos **PLOMO**, **BARIO** y **ANTIMONIO** fusionados, con características morfológicas específicas, se considera positivo para residuos por deflagración de disparo de arma de fuego.*

Lo expuesto es cuanto puedo informar a Ud., a quien elevo el presente informe, dando así por finalizada la labor encomendada. –

XIII- DISCUSIÓN DE RESULTADOS



Primer disparo de la etapa empírica en que fallo el colector. Fuente: elaboración propia.

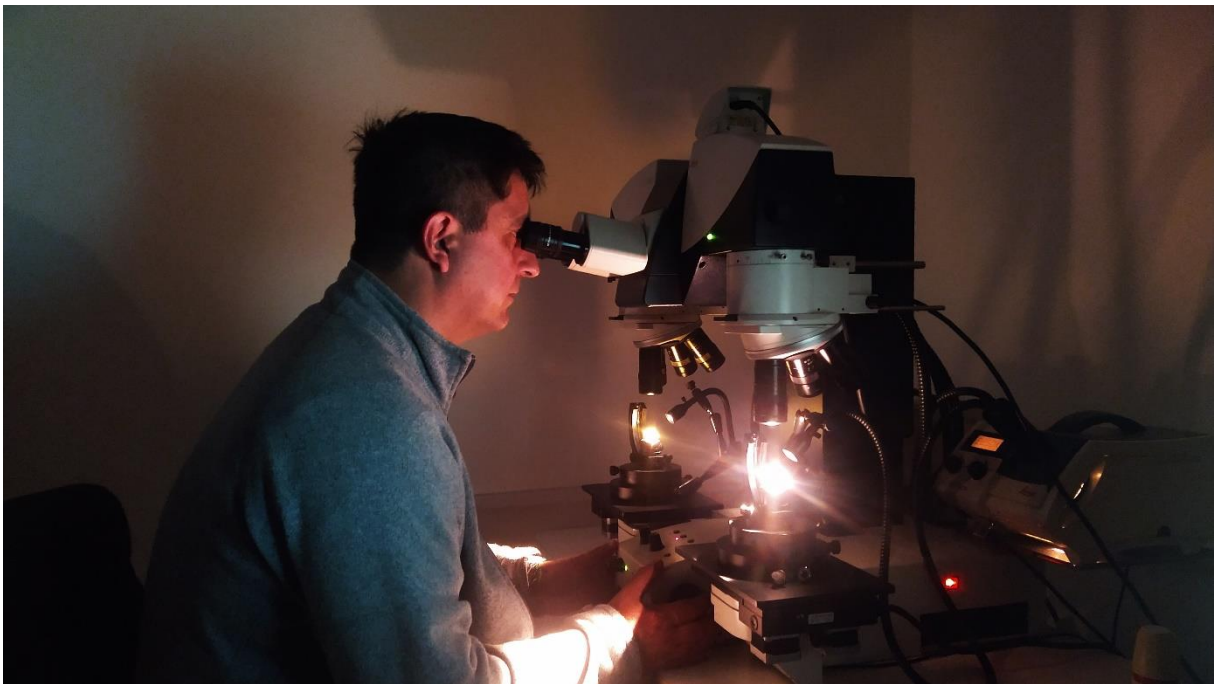
El Comportamiento de la Partícula GSR es el nombre de esta tesis.

A pesar de tener un título de por sí muy pretencioso, esta investigación siempre tuvo claro que, el comportamiento de una partícula invisible para al ojo humano y para la mayoría del instrumental existente; no era una materia posible de comprender o establecer fehacientemente con esta tesis; pero no fue motivo suficiente para que, al menos, se intentara empezar a recorrer un camino de entendimiento sobre que sucede con esta partícula de escala nanométrica al dispararse un arma de fuego y, si bien seguimos sin poder verla en

tiempo real y desconociendo su comportamiento exacto (la principal razón es porque no lo tiene y se rige por leyes físicas que de por sí son caóticas al igual que su comportamiento), el hecho de plantear una hipótesis basada en un caso concreto, dio la posibilidad de corroborar una hipótesis y empezar a transformar en certezas algunas especulaciones sobre que podía pasar con estas partículas a colisionar con un telón interpuesto a poca distancia de la boca del cañón.

Una de las certezas que se obtuvieron con esta experiencia empírica fue por accidente, pero no deja de ser relevante el conocimiento obtenido en cuanto describe una característica de la partícula sobre su comportamiento a la hora de depositarse sobre una superficie. Ya conocemos y hemos visto en este trabajo final algunas apreciaciones sobre cuidados y recomendaciones a la hora de ir a buscar la partícula, establecidas por varios protocolos que ya han sido citados, sea en el cuerpo de la víctima, como en las manos del victimario o de la víctima en los casos de muertes con etiología suicida; pero hay muy poca información sobre cómo se deposita sobre otras superficies. Cuando se inició la etapa experimental, por desconocimiento, se utilizó para fabricar los colectores un tipo de papel con adhesivo en una de sus caras, que podía ser aplicado fácilmente sobre la superficie justamente por tener el pegamento incorporado que lo sostiene sin necesidad de andar usando ningún otro tipo de sujeción y evitando sustancialmente, la manipulación innecesaria del colector. Este papel, aparte de la característica descrita, tiene la particularidad de que, la cara libre del pegamento, que es la que expone para trabajar en él, es de una textura satinada, casi pulida, a diferencia del papel común que habitualmente utilizamos en nuestras impresoras, que es más áspero y poroso. Esta circunstancia dio como resultado que, a pesar de haberse realizado el disparo, tomarse la muestra de manera correcta, y estar el stub en óptimas condiciones, la cinta de carbono no levantó ninguna partícula de ningún tipo, ni siquiera ambientales, lo que llamó la atención de la operadora del MEB e indicó que el problema estaba en el soporte que no retuvo la partícula y no en el stub o la técnica de recolección. Con esta información, se volvió a realizar el disparo con un colector hecho con papel común, repitiendo toda la experiencia y,

pudiendo esta vez, entregar un stub con partículas de todo tipo para ser analizadas en el laboratorio con el MEB. Esta experiencia “fallida” le entregó al investigador un aporte de información, en cuanto que ya se conoce la volatilidad de esta partícula y los problemas de preservación en las diferentes superficies donde se la suele buscar; a lo que se suma su imposibilidad de poder quedar adherida a una superficie de características más pulidas como sucedió con este tipo de papel similar al que se conoce como de ilustración. Al respecto, se profundizó sobre las diferencias sustanciales entre los soportes y, con la ayuda del Macroscopio Comparador del Instituto de Ciencias Forenses de la ciudad de Mar del Plata, se observaron ambas muestras a través del instrumento con una amplificación de 4x y una luz incidental en 2700K para ambas platinas.



Observación de las muestras en el macroscopio comparador Leica FSC. Fuente: elaboración propia

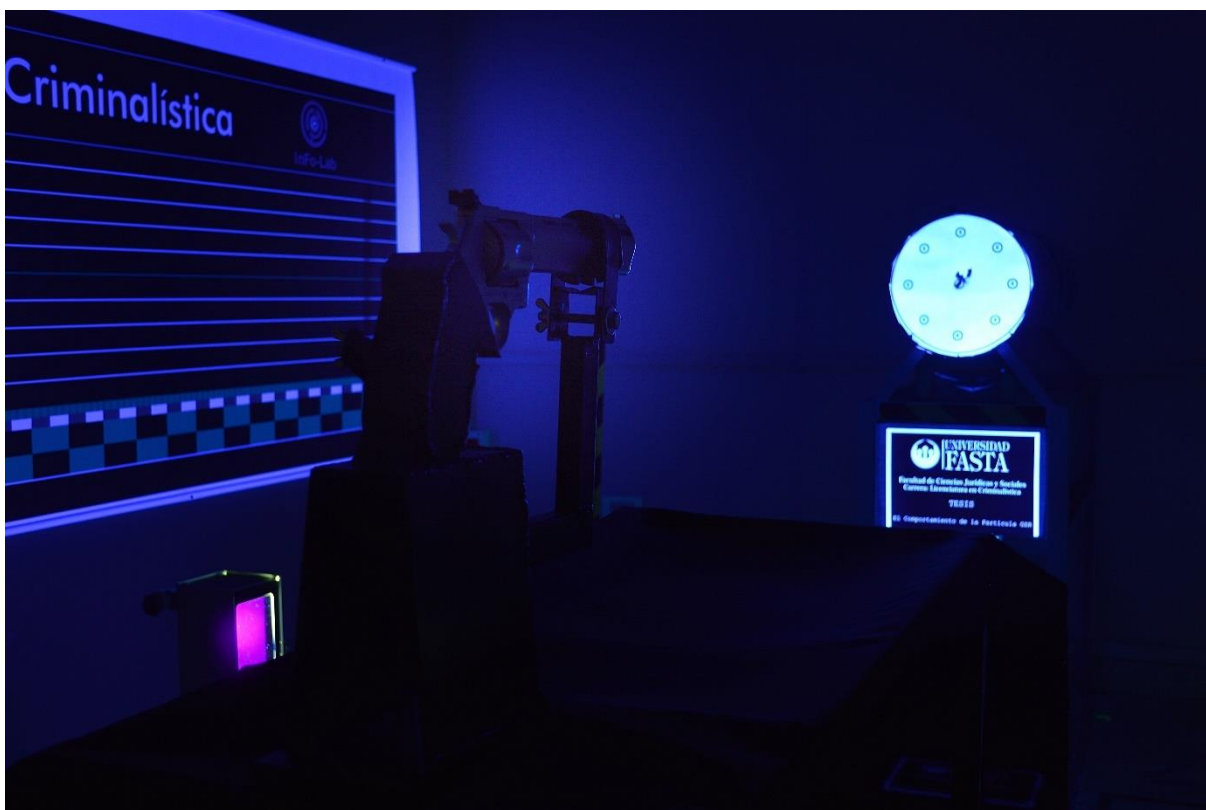


La fuente de luz incidental seteada a 2700k permitió obtener un buen registro de las superficies de ambos colectores. Fuente: elaboración propia.



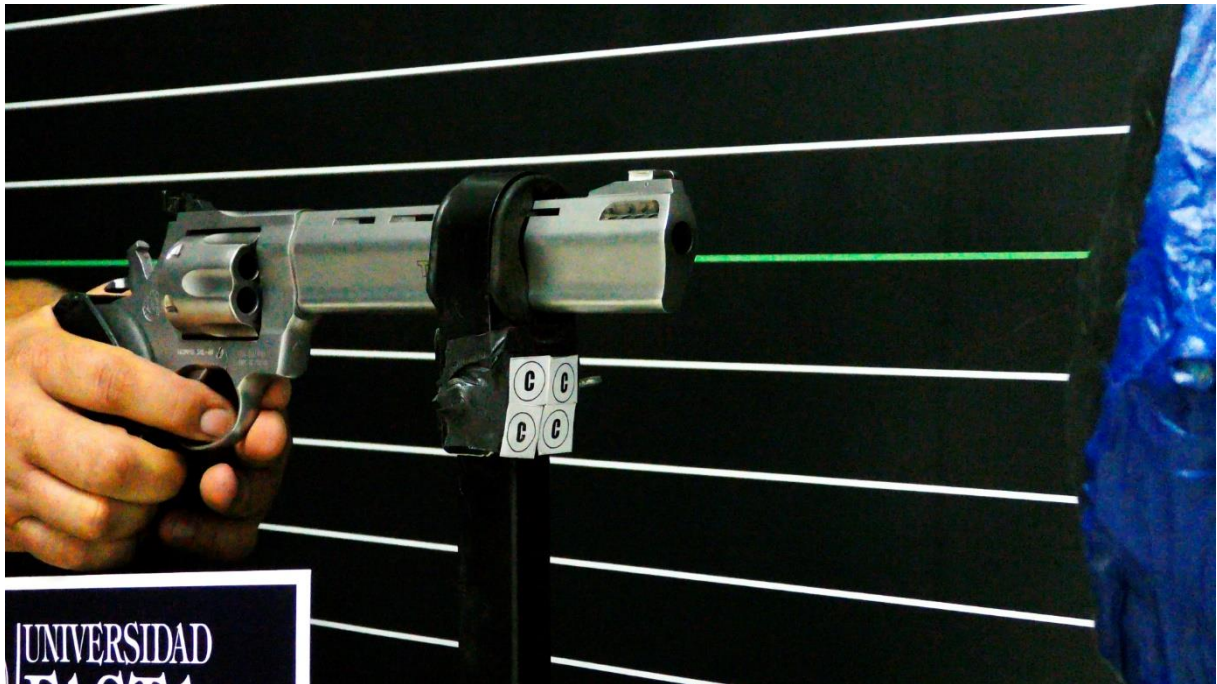
En el soporte satinado se observan la superficie totalmente lisa, el color y los puntos de colores obedecen a la impresión en color del soporte. En el soporte de papel común se observan claramente las imperfecciones de su superficie dada por las fibras entrelazadas, en las cuales las partículas GSR logran adherencia y depositarse en ella. Fuente: elaboración propia.

Esta tesis, como también se explicó en el punto VII – OBJETIVOS y en el punto VII – OBJETIVOS ESPECÍFICOS; puso mucho esfuerzo en lograr buenos registros fílmicos y fotográficos sobre la etapa empírica para incorporar una herramienta más de análisis e interpretación de la información y los resultados obtenidos. En ese contexto, se experimentó también con condiciones de iluminación totalmente atípicas, como la utilización de emisores UV y filtros en las lentes para intentar captar otro rango de imágenes del fenómeno de nube de gases, que no estuviera a la vista en condiciones más normales de iluminación. Esta parte de la experiencia, no dio los resultados que se buscaron por lo que se dejó de profundizar, obteniendo solo registros de la experimentación, pero sin ningún tipo de resultado relevante para el objeto de esta investigación.



Con respecto a los registros fílmicos y fotográficos comunes, los resultados fueron alentadores, se consiguieron, de acuerdo a los medios técnicos a los que pudo acceder esta investigación, resultados más que aceptables, pudiendo obtener muy buenos registros, tanto fotográficos como fílmicos, de todo el fenómeno de gases encendidos y humo, producido por

el disparo del Taurus Raging Bull .44 Magnum observándose la expansión de los mismos de manera contundente como se esperaba por las características del arma y el calibre y parte del efecto de retrodispersión que se hipotetizó como norte de esta investigación.



Secuencia donde se observa claramente el efecto de retrodispersión de gases impactando contra el colector de partículas GSR. Fuente: elaboración propia.

Para finalizar, todas las pruebas previas que se hicieron y que fueron dándole forma a la metodología de la investigación, han dado los resultados esperados, en cuanto que, la premisa de transformar en constantes todas las variables que pudieran ser manejadas como por ejemplo la elección de munición factory para evitar caer en las variables de “recetas” de recarga en donde no se puede certificar ni su composición ni la igualdad en sus componentes entre dos cartuchos similares; la preparación del área de disparo bloqueando corrientes de aire externas, la implementación del BPF que dio, aparte del incremento en la seguridad en la realización de la experiencia empírica, fijó los parámetros de distancia, altura e inclinación; el registro de las condiciones ambientales al momento del disparo, condiciones estas que no eran manipulables por el investigador pero si se las registró para que queden asentadas y puedan ser, si hiciera falta, evaluadas en el contexto adecuado. Por último, la elección del tipo de arma y el calibre. El revolver le ha dado a esta investigación el tipo de efectos buscado, un disparo “sucio” debido a sus características esenciales en donde, aparte de la boca del cañón por donde despiden la mayor cantidad de gases, posee espacios entre el tambor y el espaldón y de aquel con el cono de forzamiento del cañón que dan condiciones inigualables para el estudio de este fenómeno. De la misma manera, la elección del calibre .44 Magnum fue un acierto por la potencia demostrada, complementándose con el Taurus Raging Bull de manera satisfactoria y cumpliendo ampliamente con las expectativas de esta investigación.

XIV- CONCLUSIONES

- ✓ El investigador da por cumplido el objeto de esta experiencia en cuanto a que, se pudo recrear en condiciones de laboratorio, las condiciones empíricas que se sucedieron en el hecho real que motivó este trabajo; obteniendo resultados acordes a la hipótesis planteada. El análisis objetivo de la experiencia empírica mostró, de manera contundente, como lo expresan los resultados de los análisis de la muestra; que una parte de las partículas características toman efectivamente un camino opuesto al de la salida de los gases por la boca del cañón del arma y del mismo proyectil, delineando una componente secundaria en la trayectoria con respecto a este, en que las partículas características salieron del arma impactando y rebotando contra el telón interpuesto haciendo un efecto de retrodispersión, cambiando en sentido opuesto la dirección de su trayectoria.

- ✓ En cuanto al registro de la nube de gases, esta investigación siempre tuvo en claro que, al registrar la nube de gases, no estaba haciendo una equivalencia o creyendo que estaba registrando el comportamiento de la partícula GSR en tiempo real, o que estaba haciendo un registro de la partícula característica en si misma; sin embargo también se da por cumplido el objetivo de la investigación en cuanto que, los registros fílmicos obtenidos, han dado abundante información sobre los fenómenos visibles en un disparo con un telón interpuesto cercano que, aunque el arma utilizada era de gran potencia y con una gran capacidad vulnerante, el orificio de entrada provocado por el proyectil en el telón no fue suficiente para canalizar todos los gases que expulsó el arma por la boca del cañón y que salieron por detrás del mismo; generando también el efecto de retrodispersión de gases que fue notoriamente visible en los registros fílmicos y fotográficos obtenidos y que, utilizados y analizados en un mismo contexto

con los análisis de GSR, entregan una visión un poco más real y menos virtual de cómo podría comportarse una partícula de escala nanométrica, en una situación de estas características.

- ✓ En cuanto a la hipótesis planteada sobre el caso real en que, la presencia de partículas GSR características en las manos de la víctima podría no estar corroborando una etiología suicida tradicional como se determinó en la causa, sino una etiología homicida; el investigador da por cierta esta hipótesis sobre que, la presencia de las partículas GSR características en las manos de la víctima, pueden ser consecuencia de un acto defensivo de último momento, intentando desviar el cañón del arma con sus manos al momento en que fue disparada, actuando su propio cuerpo como telón interpuesto y provocando el rebote de parte de las partículas en su misma anatomía generando el efecto de retroproyección que depositaron las partículas GSR características en sus manos, de la misma manera que se hubieran depositado si hubiera agarrado el arma y se hubiera disparado.

- ✓ También podemos decir que, a partir de una circunstancia no buscada como fue la utilización no intencional de colectores o muestreadores hechos con un papel de características semi pulidas, le otorgó información al investigador que era totalmente desconocida por el mismo, sobre la dificultad de la partícula de adherirse a superficies que no tengan porosidades o asperezas; tal cual quedó demostrado con la muestra fallida que no presentó, en toda la superficie del stub, ninguna partícula de ningún tipo; situación que fue revertida con la nueva toma de la muestra, utilizando el mismo tipo de stub, con la misma técnica siguiendo el mismo protocolo, con un cartucho de la misma caja que el anteriormente utilizado, pero con el reemplazo del soporte del colector o muestreador por uno de papel común que posee más porosidad y

asperezas. Quedó claro para el investigador que, las partículas GSR, no se adhieren a superficies pulidas.

XV- ANEXO FOTOGRAFICO



Rebatido del tambor para colocar el cartucho antes del disparo.



Las cámaras fueron los ojos del investigador.



Calibración de inclinación del cañón del arma a través del registro en el brazo del BPF.



Se tomaron registros de las condiciones ambientales al momento del disparo.



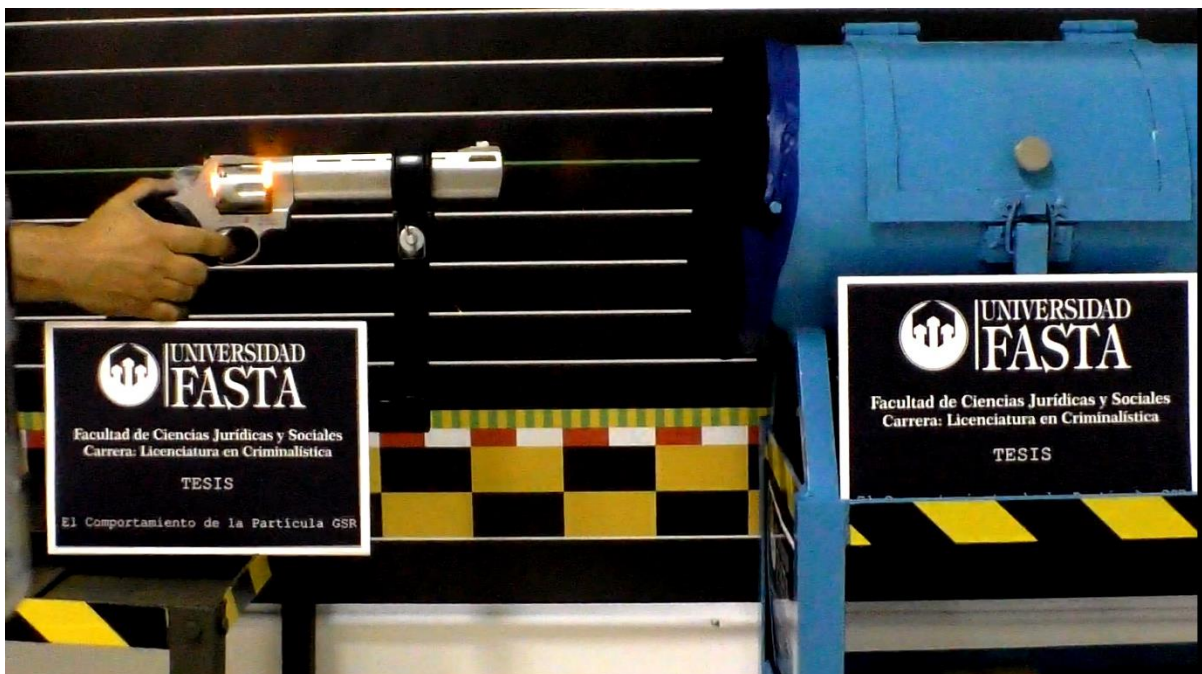
La seguridad fue un tema central en toda la etapa empírica y se tomaron todos los recaudos.



El telón interpuesto ya está a la distancia justa. Solo falta disparar.



La posición de disparo obedece a que, por la corta distancia entre la boca del cañón y el telón interpuesto, se tuvo que dar vuelta la zapata para que quede el arma en posición y a distancia, quedando la parte más larga del BPF, entre el tirador y el arma.

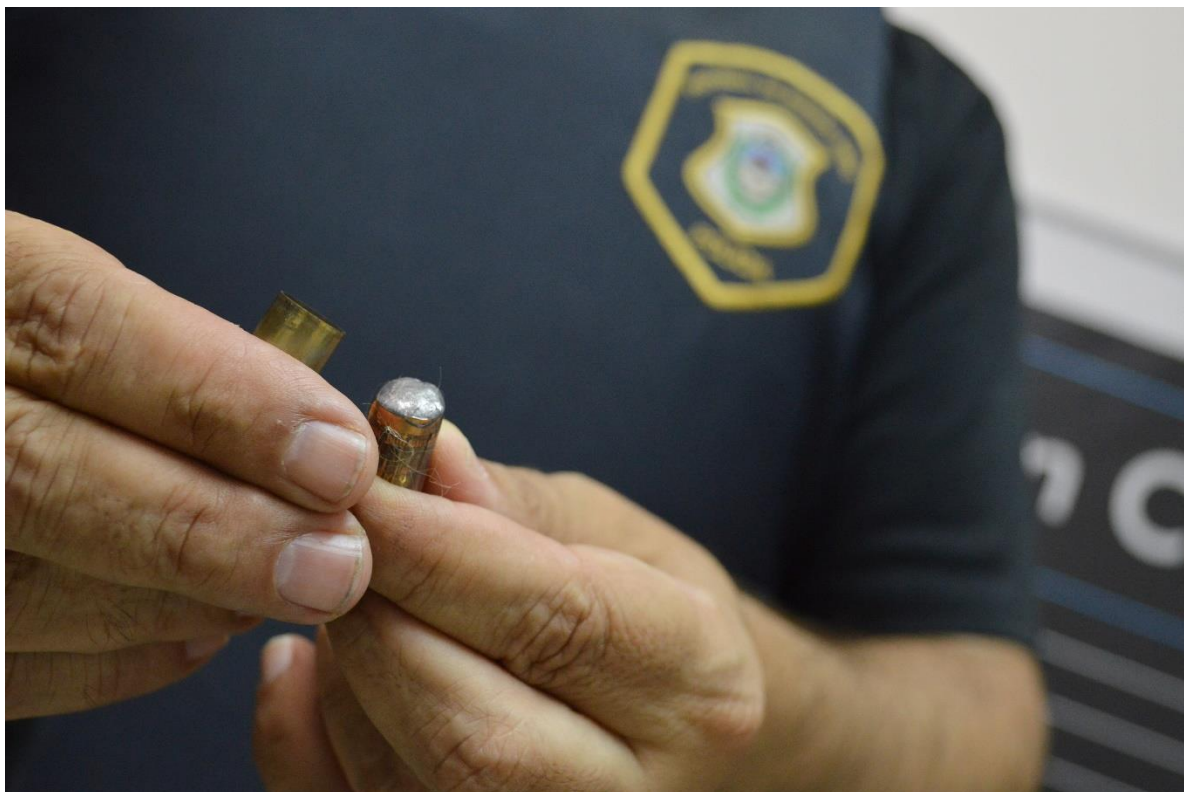




Secuencia de cuatro imágenes de un disparo de evaluación. Se observa el efecto de la nube de gases ingresando por el orificio de entrada y desprendiendo la sujeción del telón interpuesto, generando la duda del investigador sobre si, dándose este fenómeno, parte de las partículas que viajan con los gases tendrían retroproyección por rebote en el plano del telón interpuesto ubicado a solo 25 cm de la boca del cañón del arma



Secuencia de dos imágenes de un disparo de evaluación. Se puede observar como la gran potencia de la onda mecánica provocada por el disparo de la Taurus Raging Bull .44 Magnum, logra mover y sacar de foco la cámara que está asentada sobre un trípode de calidad y a más de un metro de distancia y en un ángulo por fuera de la trayectoria del proyectil y la columna principal de gases.



Proyectil .44 Magnum recuperado después del disparo desde el tubo recuperador



Colaboración del Lic. Mártires Duran en el estudio del soporte de los colectores con el macroscopio comparador del Instituto de Ciencias Forenses de Mar del Plata.



Con el Lic. Hernán Gacio, director de esta tesis, en la finalización de la etapa empírica.

XVI- BIBLIOGRAFÍA

- Guzmán, C.A. (2000) *Manual de Criminalística*, La Rocca
- Montiel Sosa, J (1991) *Manual de Criminalística 1*, Limusa
- RENAR (2001) Manual de Identificación y Rastreo de Armas de Fuego – Versión 03 recuperado de: <http://www.anmac.gob.ar/pdf/2012MIRAF.pdf>
- Poder Ejecutivo Nacional (1973/1975), Reglamentación Ley de Armas y Explosivos (Norma N° 20.429/73, Decreto 395/75)
- Zuluaga, J. G. H. (2000) *Manual de Criminalística*, ABC
- Domenech, A.A. (2004) *Segundo Manual Argentino de Recarga de Cartuchos Metálicos*, Magnum
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos – Presidencia de la Nación (2017) Protocolo unificado de los ministerios públicos de la República Argentina - Guía para el levantamiento y conservación de la evidencia recuperado de: <http://www.bibliotecadigital.gob.ar/files/original/20/1724/protocolo-unificado-ministerios-publicos-republica-argentina.2.pdf>
- Pérez-Cao, A., Valero, C. A. e Instituto de Toxicología (2001), Presentación del dispositivo de recogida de residuos de disparo diseñado por la Sección de Criminalística del Instituto de Toxicología, recuperado de: <https://scielo.isciii.es/pdf/cmfn23/original2.pdf>
- Schwoeble, A.J. y Exline, D.L. (2000) *Current methods in forensic gunshot residue analysis*, CRC Press LLC.
- Ministerio Público Fiscal – Procuración General (2021) Protocolo para la realización de pericias de Microscopía de Barrido Electrónico, recuperado de: <https://www.mpfchubut.gov.ar/images/pdf/Resoluciones/2021/RES027-E.pdf>

- Instituto de Investigación Criminal y Ciencias Forenses de La Plata (2015) Guía de procedimientos relativa a la recepción, tratamiento, custodia, archivo, egreso y destrucción de muestras, efectos y demás elementos de prueba, recuperado de: <https://www.mpba.gov.ar/files/content/guia%20de%20procedimientos%20investigacion%20criminal.pdf>
- Martínez Sosa, J.M. (2012) Análisis de residuos de disparo por cromatografía de gases con detector selectivo de masas y por cromatografía electrocinética micelar con detector ultravioleta, Universidad del Valle, recuperado de: [https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4264/1/CB-0473204%20\(1\).pdf](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4264/1/CB-0473204%20(1).pdf)
- Dalby, O (2010) *Analysis of Gunshot Residue and Associated Materials, A Review* J. Forensic Sci
- Basu S - Laboratorio de Delitos de la Policía de Nueva York (1982) Formation of Gunshot Residues, *Journal of Forensic Sciences*, recuperado de: <https://doi.org/10.1520/JFS11453J>
- Morais Redondo, J. *Residuos de Disparo en Casos de Suicidio: Análisis de los Resultados e Interpretación*, IUICP
- Ramírez Medrano. A. (2004) *Desarrollo, validación de un método analítico para a determinación de residuos metálicos de disparo de arma de fuego mediante Icp-Oes y su aplicación en la química forense*, UANL

