



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE DERECHO  
LICENCIATURA EN CRIMINOLOGÍA**



**TESIS**

**ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE AGENTES  
VULNERANTES, ESPECÍFICO POR ARMAS DE  
FUEGO**

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO  
DE

LICENCIADO EN CRIMINOLOGÍA

PRESENTA:

**ANA LAURA LEÓN GRANADOS**

**LUIS DANIEL RESÉNDIZ MORÁN**

DIRECTOR

**DR. JUAN ALBERTO PICHARDO HERNÁNDEZ**

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE DERECHO  
LICENCIATURA EN CRIMINOLOGÍA

TESIS

ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE AGENTES VULNERANTES  
ESPECIFICO POR ARMAS DE FUEGO

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO EN CRIMINOLOGÍA

Presenta:

Ana Laura León Granados  
Luis Daniel Roséndiz Morán

DIRECTOR:

Dr. Juan Alberto Pichardo Hernández

Dr. Juan Alberto Pichardo Hernández  
Presidente

Mtra. María Guadalupe García Martínez  
Secretario

Dr. Alejandro Acosta López  
Vocal

Lic. Eloy Rogelio Ávila Carrillo  
Suplente

Lic. Luis Fernando Galindo Martín  
Suplente

CENTRO UNIVERSITARIO,  
QUERÉTARO, QRO.  
MAYO, 2022.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	IV
Resumen .....	VII
Abstract .....	VII
Agradecimientos .....	IX
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES SOBRE EL ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS     VULNERANTES, ESPECÍFICO POR ARMA DE FUEGO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>26</b>
1.4.1 General .....	26
1.4.2 Específicos:.....	26
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 Agente vulnerante .....	28
2.2 Criminalística .....	29
2.2.1 Ramas de la criminalística .....	30
2.2.2 Principios de la Criminalística .....	31
2.3 Balística.....	34
2.3.1 Balística externa .....	35
2.3.2 Balística de efectos .....	35
2.3.3 Balística Forense .....	35
2.3.4 Balística de las heridas .....	36
2.3.5 Daños Ocasionados.....	36
2.3.5.1 Cavity Temporal:.....	38
2.3.5.2 Cavity Permanente:.....	38
2.3.5.3 Trauma .....	38
2.3.5.4 Disparo a quemar ropa (daños y signos).....	39
2.3.6 Interacción proyectil-tejido .....	41
2.4 Lesiones de estiramiento .....	42
2.5 Histología.....	42

2.5.1 Tejidos .....	43
2.6 Piel .....	44
2.7 Elasticidad del tejido.....	45
2.8 Armas de fuego y calibres permitidos en México.....	45
2.9 proyectiles de armas de fuego.....	47
2.10 Clasificación de un proyectil de acuerdo a la velocidad al salir del cañón .....	47
2.11 <i>Perdigones</i> .....	48
2.12 <i>Postas</i> .....	49
2.13 <i>Estría</i> .....	49
2.14 <i>Dispersión</i> .....	49
2.15 <i>Residuos de disparo</i> .....	49
2.16 <i>Velocidad del Proyectil:</i> .....	49
2.17 Comportamiento en tejidos. ....	50
2.18 Masa .....	52
2.18.1 Volumen.....	52
2.18.2 Densidad Corporal.....	52
2.19 Materiales simuladores de tejidos.....	53
2.19.1 Gelatina balística .....	53
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	54
3.1 Enfoque, Alcance, Diseño y Universo.....	54
3.2 Materiales y Métodos.....	55
3.2.1 Pasos a seguir .....	57
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	62
4.1 <i>Prueba 1. Disparo en gelatina (grenetina) en laboratorio de criminalística</i> .....	63
4.2 <i>Prueba 2. Disparo en gelatina (gelatina/grenetina) en laboratorio de criminalística</i> .....	64
4.3 <i>Prueba 3. Disparo en gelatina (gelatina pura cristal) en laboratorio de criminalística</i> .....	65
4.4 Descripción de la práctica.....	66
4.4.1 Preparación del personal. ....	66
4.4.2 Materiales para la práctica.....	67
4.4.3 Ingredientes: .....	67
4.4.4 Procedimiento para la realización de la gelatina de uso balístico:.....	68
4.5 Práctica de disparo 02 de agosto 2021.....	69
Conclusión.....	83

<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN</b> .....	87
<b>ANEXOS</b> .....	91
<b>Bibliografía</b> .....	97

## **Resumen**

En esta tesis de tipo experimental, se analizaron los efectos producidos al primer impacto, causados por agentes vulnerantes mecánicos contundentes disparados por armas de fuego al primer impacto utilizando un simulador de tejido humano (gelatina de uso en balística de efectos). Se realizaron cálculos numéricos para conocer la densidad de la gelatina de esta forma tener una aproximación mayor a la del tejido humano, con el objetivo de estudiar el comportamiento dinámico del impacto sobre la gelatina balística. Se estudió el comportamiento que el proyectil de arma de fuego tiene, así como la capacidad de atravesar un modelo de gelatina balística, y a su vez la cantidad de energía que se transmite para crear un trauma al momento de impactar en ésta. En las pruebas de disparo, se documentó el comportamiento del proyectil y en su caso la fragmentación mientras atraviesa dichos materiales, en el cual se observaron los efectos que tendría en tejido humano. Los resultados obtenidos fueron comparados con otros estudios que existen, en donde se analizó el comportamiento de los proyectiles al momento de su impacto en materiales que simulen en tejido humano, así como de su aproximación a la realidad.

**(Palabras clave:** Agentes vulnerantes, armas de fuego, balística de efectos, gelatina balística, proyectil)

## **Abstract**

In this experimental thesis, the first impact effects caused by blunt mechanical agents fired by firearms at the first impact were analyzed using a human tissue simulator (gelatin used in ballistic effects). Numerical calculations were made to know the density of the gelatin in order to have a better approximation to that of the human tissue, with the objective of studying the dynamic behavior of the impact on the ballistic gelatin. The behavior of a firearm projectile

was studied, as well as its capacity to pass through a model of ballistic gelatin, and at the same time the amount of energy transmitted to create a trauma at the moment of impacting it. In the firing tests, the behavior of the projectile was documented, and in its case the fragmentation while passing through these materials, in which the effects that it would have on human tissue were observed. The results obtained were compared with other existing studies, which analyzed the behavior of projectiles upon impact on materials that simulate human tissue, as well as their approximation to reality.

**(Keywords:** Vulnerating agents, firearms, effects ballistics, ballistic gelatin, projectile)

## **Agradecimientos**

Le agradecemos a nuestras familias y amigos por habernos acompañado a lo largo de estos años, por ser nuestra fortaleza en momentos difíciles, así como haberme brindado una vida llena de experiencias, felicidad, acompañamiento y, ante todo, mucha felicidad.

Agradecemos a nuestros padres. Severiana Granados Valenzuela y Margarito León Camargo, Ma. Yolanda Morán Sixto y Gilberto Reséndiz Hernández por ser nuestro ejemplo a seguir, por ser los pilares de nuestras vidas, apoyarnos en todo momento, por nunca haber dudado de nosotros, por los valores que nos inculcaron, quienes nos enseñaron la unión, por habernos dado la oportunidad de tener una educación.

A nuestros hermanos Mayra León Granados, Omar León Granados y Jeanette Reséndiz Morán; por ser parte esencial en nuestras vidas, por llenar nuestra vida de alegrías, apoyo moral y humano, por su comprensión y amor incondicional, quienes también nos han apoyado a lo largo de nuestra vida y darnos fortaleza a seguir.

A Sara Sixto Arellano y Luis Morán, mis abuelos, que, aunque ya no se encuentran con nosotros físicamente, siempre estarán presentes en mi vida, por haberme enseñado el camino y haber creído en mí hasta el último momento. Hasta el cielo, ¡Ya soy Criminólogo!

A nuestros amigos, quienes han compartido con nosotros muy gratos y malos momentos, quienes también nos ayudaron a crecer en lo personal y profesional durante esta larga estancia, de quienes siempre hemos recibido palabras de aliento, con quienes pudimos disfrutar de cada momento, de cada investigación, proceso, y proyectos que se realizaron dentro de nuestra educación, por su amistad sincera.



A María Guadalupe Estrella Ramírez, gracias por ser parte importante durante todo este proceso, por apoyarme siempre, por ser el amor de mi vida y por estar de cada uno de los momentos importantes juntos con nuestra hija Leah Isabella.

Le agradecemos a José Alberto Pichardo Hernández, por su dedicación, por su apoyo, orientación y atención, por habernos brindado la oportunidad y sobre todo la confianza de dirigir nuestra tesis profesional a pesar de las dificultades, así como su capacidad para guiar nuestras ideas. Por compartir su conocimiento con nosotros.

Agradecemos mucho el apoyo de parte de todos los docentes que nos apoyaron para formar parte del sínodo, y con ello, lograr un proyecto de investigación científico, con resultados favorables.

A Luis Daniel Reséndiz Morán, por haber sido un excelente compañero de universidad y de tesis, por tenerme la paciencia necesaria, acompañarme en todo el proceso y motivarme a seguir adelante en todos y cada uno de los momentos de desesperación.

A Ana Laura León Granados, por el compromiso en cada una de las etapas de todo este proyecto, por la paciencia, entendimiento y sobre todo la exigencia óptima en el desarrollo de la investigación, para que todo saliera de la mejor manera.

Debemos agradecer de manera especial y sincera a cada una de las personas que nos acompañaron en este proceso, un trabajo de investigación es fruto del apoyo y confianza, que nos ofrecen las personas que nos estiman y aman, sin el cual no tendríamos la fuerza que nos anima a crecer como profesionales y como personas.

Finalmente, debemos agradecer a la Universidad Autónoma de Querétaro, por haber formado a dos profesionales.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante muchos años, las pruebas balísticas para comparar los efectos sobre tejido humano, se realizaban sobre trozos de carne de animales, la desventaja de este tipo de pruebas era el coste de la carne y su preservación, dado a la descomposición y la repetitividad de los ensayos para poder tener evidencias sólidas, es por ello que fue necesario la creación de materiales que pudieran simular el tejido humano, en el cual además de poder repetir pruebas se pudieran analizar y observar con detalle la dinámica del proyectil dentro del tejido así como su expansión y trayecto.

La criminología que es la ciencia interdisciplinaria, cuyo objetivo no solo es el estudio del delincuente, las motivaciones, el delito, las conductas desviadas o el control social, con relación al delito mismo y de la víctima, sino también, del lugar de los hechos. La criminología aplica el método científico al estudio de las causas y explicación del delito, apoyándose de ciencias como la medicina forense, la balística, la criminalística, entre otras.

La medicina forense aplica el conocimiento médico para ayudar a resolver crímenes, ofrece asistencia a jueces y a los tribunales para poder tener evidencias sólidas de algún hecho delictivo dentro de un proceso de investigación criminal. La balística forense ofrece análisis exclusivamente dirigidos al área penal, que permiten esclarecer los hechos y situaciones donde se encuentran involucradas una o varias armas de fuego, municiones y elementos que se derivan al accionar el arma de fuego, de esta manera proporcionar los mecanismos suficientes de convicción que posteriormente se constituirán como pruebas en el juicio oral.

El tema de la balística forense, no dejará de tener importancia en la sociedad, con el paso del tiempo las investigaciones serán cada vez más amplias, esto es por el riesgo que representa el tener algún tipo de contacto con las armas de fuego o de hacer uso de ellas, el problema radica en la falta de información y conocimiento empírico de los efectos y daños que pueden llegar a causar los proyectiles por arma de fuego en el tejido humano.

Como parte de investigaciones realizadas por los autores mencionados, se plantea realizar las respectivas mediciones en cuanto a la velocidad de los proyectiles de arma de fuego, para saber bajo qué condiciones un proyectil causo algún daño, a razón de que, Fernández G. (1971) citado por Vanzetti Oscar Enrique (2013, s. p.).

Quando la velocidad del proyectil supera la velocidad del sonido, el volumen de la cavidad transitoria puede superar 27 veces el volumen de la cavidad permanente, y que, en una herida, 1488 kilogramos por metro de energía pueden liberarse a los tejidos sólo en 0,5 milisegundos.

Con base en la velocidad que adquieren los proyectiles que son disparados, las armas de fuego se han dividido convencionalmente en dos grupos: baja y alta velocidad, aunque algunos consideran una categoría intermedia (GITBAF\_AFTE).

Las armas de baja velocidad son aquellas que impulsan sus proyectiles a menos de 335.28 m/s y las armas de alta velocidad son las que alcanzan velocidades en sus proyectiles de más de 609.6 m/s, el grupo intermedio, comprende un rango de velocidad entre 335.28 y 609.6 m/s. (Sánchez, *et. Al.*, 2010, s. p.)

En concordancia, surgen nuevos estudios que se interesan por el comportamiento de los proyectiles cuando son disparados por armas de fuego, por consiguiente, la velocidad de un proyectil al salir del cañón del arma permite clasificar a éstos en:

Proyectiles de Alta Velocidad (PAV) cuando viajan a más de 609.6 m/s.

Proyectil de Velocidad Media (PVM) de 335.28 a 609.6 m/s.

Proyectil de Baja Velocidad (PBV) a menos de 335.28 m/s.

Otros consideran PAV a los que viajan a más de 762 m/s.

(Figuroa, 2001, s. p.).

Las lesiones causadas por los proyectiles de alta y baja velocidad, difieren en magnitud, por ende, en su tratamiento, por lo que se puede inferir que los proyectiles de alta velocidad (PAV) son los que producen mayor daño por su fragmentación dentro de la cavitación temporal, originándose una cavidad llamada,

Cavidad transitoria o temporaria por estiramiento, que tiene microsegundos de duración. Según Vincent Di Maio, la duración de la cavidad transitoria es aproximadamente de 5 a 19 milisegundos. Esta cavidad transitoria se formaría entre 10 a 30 milisegundos después del pasaje del proyectil (Di Maio citado en Vanzetti, s. f.)

Sin embargo, esto no solo ayuda a comprender aún más el daño causado por proyectiles de armas de fuego, sino también los fenómenos físicos que suceden al momento de efectuarse dichos daños, en tal sentido también es importante saber que “la velocidad y el diseño de la munición son dos factores importantes que

determinan el daño potencial. Un proyectil que impacta un cuerpo, permanece dentro de este, o bien, sale, sin embargo, actúa perforando capas de la piel, mucosa, hueso o incluso todas estas estructuras, causando heridas penetrantes y perforantes liberando toda la energía cinética a todos los tejidos y órganos o estructuras circunvecinas.

Es importante conocer dichos valores, para ilustrar de manera más definida los resultados que se esperan en la investigación para la medición del daño causado, y bajo qué velocidades de los proyectiles.

A razón de lo explicado anteriormente, surge la siguiente pregunta de investigación,

¿Cómo el modelo de gelatina de uso en balística de efectos permite la identificación, análisis y documentación de los agentes vulnerantes mecánicos contundentes disparados por armas de fuego al primer impacto?

## **1.2 ANTECEDENTES SOBRE EL ANÁLISIS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS VULNERANTES, ESPECÍFICO POR ARMA DE FUEGO.**

En un primer momento se abordarán los antecedentes relacionados con la gelatina de uso balístico; Las pruebas balísticas se realizaban años atrás en pedazos de carne de animales, con el fin de confrontar los efectos en tejido humano, la dificultad que se presentaba al realizar este proceso de investigación, era la descomposición de la carne, el costo y el repetido uso para analizar con detalle el daño causado por el proyectil. Por ello, surgió la necesidad de la creación de un material que redujera todas estas dificultades que se presentaban, y que principalmente este material contara con las características similares al tejido humano. De esta necesidad Martín

Fackler entre otros estudiosos en el campo de la balística desarrollan y mejoran el gel balístico.

La gelatina balística tiene diversos usos, entre ellos se utiliza para simular la textura de los músculos y la piel que tienen los animales pequeños. Además, se usa para simular las consecuencias del impacto de una bala, así como para realización de pruebas de calidad automotriz en el momento de impactos a velocidades altas; y como pruebas de chalecos anti-balas; La importancia de la gelatina balística es que puede simular de manera casi perfecta la textura de la piel y los músculos del cuerpo humano y del cuerpo de los animales, si bien, la gelatina balística es un material que es sencilla de elaborar, desde cualquier lugar y a costos reducidos. (Riveros, 2018, p. 6)

De acuerdo con un estudio publicado por la revista *El Rincón de la Ciencia*, se han descubierto las grandes propiedades que tiene el almidón gracias a las sustancias que la componen.

Cuando a éste se le agrega agua y se produce algún tipo de modificación, adopta variados estados como: gelatinización, retrogradación y rigidez momentánea ante un impacto. También adopta diferentes propiedades tales como: viscosidad, pegajosidad, etc., similares a las que se ocasionan en los tejidos de los seres vivos en los que penetra una bala. La propiedad que se ha optado para realizar el trabajo, es el cambio físico que adopta una solución preparada de almidón, ante un impacto, y si ésta es capaz de reducir la

potencia puntual del golpe y distribuirlo hacia toda la solución, minimizando el efecto del impacto. (Aenlle, s. f., s. p.)

Ante todo, es importante mencionar que, existen muchos conceptos erróneos sobre la gelatina balística. Uno de los errores más populares es la afirmación de que la gelatina balística no es una simulación exacta del tejido. No es una simulación perfecta, pero para el caso, los cuerpos vivos reales no son una predicción perfecta de lo que sucederá en un tiroteo porque cada cuerpo es diferente, el ángulo exacto de impacto variará. El hueso es literalmente infinitamente variable, y muchas más variables significativas son simplemente imposibles de controlar. Pero la gelatina de municiones preparada y calibrada correctamente al 10% produce penetración, peso retenido, y resultados de expansión / fragmentación que se correlacionan muy fuertemente con las heridas observadas en los cuerpos reales. Es casi perfecto para simular esas mediciones en tejido muscular vivo y los resultados en otros tejidos blandos no tienden a desviarse significativamente, podemos agregar que el hueso también puede evitar la expansión y puede desviar las balas de su ruta original. También es homogéneo y fácilmente reproducible, por lo que las variables se pueden controlar y comparar los resultados.

El propósito de usar gelatina balística es comparar una carga con otra en términos relativos. Podemos ver que dos balas penetran casi lo mismo, pero si una se expande más, obviamente puede dañar un poco más el tejido.

Sin embargo, cuando vemos mucha confusión, es cuando los evaluadores informales malinterpretan los resultados de la gelatina al creer que la interrupción vista en la gelatina es representativa de la herida. La gelatina

balística natural al 10% a base de colágeno es mucho menos elástica que el tejido real y se rasgará fácilmente. Pero el tejido real (con la excepción del cerebro, el hígado y el bazo) tiende a estirarse mucho más sin romperse. Existe cierto desacuerdo entre los expertos, pero una velocidad de impacto de 2,000 m/s a menudo se mantiene como el umbral donde la cavidad de estiramiento temporal se vuelve lo suficientemente grande como para contribuir a las heridas por desgarramiento. (Andrew, 2017, s. p.)

La gelatina balística requería el uso de una cámara de alta velocidad para grabar la deformación, porque el medio era elástico y volvía a su forma original después del impacto del proyectil. Esta técnica resultaba cara y, la Administración de las Fuerzas Armadas americanas buscó un material alternativo que fuera barato, reutilizable, fácil de usar y que exhibiera poca recuperación después del impacto. Este material debía exhibir una penetración y respuesta de deformación similar a la gelatina.

Es por ello que se realizó un simulador que trata de imitar la piel y los tejidos más próximos, como grasa subcutánea y tejido muscular.

En particular en este simulador la gelatina balística está diseñada para simular el tejido blando vivo. Es el estándar más utilizado para evaluar la efectividad de las armas de fuego contra los humanos por su conveniencia y aceptabilidad sobre los ensayos con animales o cadáveres. Dinámica de la bala en la gelatina. El movimiento de una bala en un medio denso como la gelatina o un tejido es determinado por las fuerzas Newtonianas y viscosas en la bala que están a su vez influenciadas por la forma y la composición de la bala. Las fuerzas Newtonianas son impartidas a la bala por la rápida



expansión de los gases en la cámara de disparo. Las fuerzas viscosas, que ralentizan la bala, resultan del movimiento de la bala a través del medio en el cual viajan o penetran. La gelatina balística es alrededor de 800 veces más densa que el aire, por lo que los efectos de la bala causados en el aire se magnifican en gran medida en la gelatina. (Itziar, 2015, s. p.)

Por otra parte, un estudio realizado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán

Analiza el efecto que una matriz de polipropileno genera en un tejido para aplicaciones balísticas. Los resultados mostraron una excelente resistencia balística del material compuesto ante ambientes degradativos de humedad y temperatura, un incremento en la absorción de energía, el comportamiento de la absorción de la energía de impacto a velocidades superiores al V50 y una profundidad del trauma menor (Carrillo, s. f., s. p.)

Dado que, se determina que también son elementos de uso balístico para la determinación de velocidades y el grado de impacto y daño ocasionado.

De modo idéntico, en los últimos años se han solicitado tanto por parte de las Unidades de Guardia Civil como por Autoridades Judiciales de España, estudios relacionados con los efectos que producen ciertas municiones en el cuerpo humano. Estos estudios estaban poco desarrollados, ya que no había disposición de material ni preparación en los Laboratorios de Balística para dar contestación a los mismos con la exactitud que se hace en estos días. Dentro de los estudios que se desarrollan sobre los efectos en el cuerpo humano, se hacen con simuladores. Para

ello, tenemos simuladores de huesos (tubulares, planos y cráneo), de piel y de tejido interno del cuerpo humano o animal (gelatina balísticos).

En algunas ocasiones, se han hecho pruebas contra gelatina balística, interponiendo un chaleco antibalas. En estas pruebas, se ha podido comprobar que los proyectiles que no son de alta velocidad impactan en el chaleco y penetran escasamente dos o tres capas de kevlar de su interior, sin llegar a entrar en el simulador de tejido humano. En cambio, un disparo con un proyectil de la alta velocidad atraviesa todas las capas kevlar del chaleco, y penetra en el simulador de tejido humano.

En el caso de los chalecos disponen de una placa cerámica en la zona próxima al corazón (tanto en la parte de adelante como la de atrás), que, para el recorrido del proyectil de alta velocidad, desintegrándolo e impidiendo que penetre el simulante. (Casadomé, *et. Al.*, 2019, s. p.).

Dentro de este orden de ideas, en Guatemala existen cámaras de recuperación de proyectiles con los cuales se pueden realizar análisis con un margen de error aceptable. Aun así siendo peligroso; tomando en cuenta algunas irregularidades tales como las deformaciones por elementos externos las cuales afectan directamente en los análisis posteriores sobre los elementos balísticos recuperados, los indicios balísticos en caso de que se requieran presentarse en la corte a compadecer sobre un caso los elementos balísticos no deben presentar daño alguno, y se debe priorizar mantener su integridad, ya que puede incidir negativamente en la decisión del juez con lo cual se pierde la credibilidad de la

institución y alguna persona culpable podría quedar libre o algún crimen sin esclarecer.

Los estudios periciales tienden a determinar la identidad entre casquillo-casquillo, casquillo-arma, proyectil-proyectil y proyectil-arma, se basa particularmente en la comparación o cotejo de las características de valor identificador, comprobando la coincidencia entre las que presenta el proyectil o el casquillo dubitado, con los obtenidos por el perito en balística utilizando el arma sospechosa, los que reciben el nombre de proyectil o casquillo indubitado. Para llevar a cabo los estudios pertinentes se hace necesario contar con equipamiento técnico específico, el que variarán conforme al método de trabajo que se siga, pero que en la actualidad se basa en: Cámara de recuperación de proyectiles Trampa balística en donde se emplea un gelatina líquido con propiedades retrospectivas para detener el proyectil y en donde se utiliza un sistema de recirculación del gelatina para incrementar su viscosidad de tal forma que frene el paso del proyectil; adicionalmente el sistema de recirculación sirve para atraer la bala hacia la parte más baja de la cámara y conducirla hacia un filtro tipo canasta de donde es recuperada.

Estudio del material de frenado del proyectil dentro de la cámara. Este material de frenado es el implicado como medio de contención para detener el proyectil los cuales pueden alcanzar velocidades de hasta 1000 m/s dependiendo del calibre que se esté estudiando. Tomando en cuenta que el uso de la cámara de recuperación de proyectiles es continuo y no se puede utilizar un material costoso, considerando recursos aportados para ciertos laboratorios de investigación se propuso la gelatina balística como material si bien es cierto que la Gelatina balística, es un material usado para imitar la

composición de un cuerpo humano en cuanto a su densidad y resistencia, puede ser objeto de disparos de prueba, obteniendo resultados parecidos a los que se obtendrían con un cuerpo verdadero. Debe señalarse que es un material difícil de elaborar y una vez utilizado no se puede volver a usar, debido a la deformación que sufre con el impacto de los proyectiles. (Guillén, 2017, s. p.)

Un estudio señala que:

Se ha comprobado que las ondas de presión originadas por el pasaje de un misil a través de los tejidos vivos se hallan asociadas estrechamente con la velocidad del mismo y, principalmente, con la energía que él transporta. El monto de tal energía sería la causante de los llamados efectos cavitación y explosivo y, ambos, participarían directamente en el agravamiento de la herida. La onda de choque y otros elementos que contribuyen al daño por desplazamiento de tejidos y partículas (o fluidos), también jugarían un papel importante en las lesiones por misiles de alto contenido energético. (Di Maio citado en Vanzetti, *op. cit.*, s. f., p. 10)

La arcilla húmeda persiste más en la penetración, con el resultado que, si el proyectil es indeformable, la penetración es menor y si es de punta hueca la deformación es mayor, con lo que se alteran más los resultados referentes a las experiencias prácticas (autopsias). Las cavidades formadas son fácilmente observables, pero son difíciles de correlacionar como ocurre con la gelatina balística y los tejidos vivos; además, pequeñas variaciones en el contenido de agua, producen grandes variaciones en la viscosidad y en consecuencia en los resultados.

La penetración mínima, medida en gelatina, debe estar entre 30 y 38 cm, según los autores, el FBI, Falckner (Cnl. Méd. de EE UU famoso en sus estudios a fines de la década del 70 sobre heridas de bala producidas por fusil en su experiencia en Vietnam), etc. En un impacto frontal sin blancos intermedios, esta penetración es suficiente para herir a una persona situada detrás del agresor. En un impacto lateral una persona muy gruesa o muy abrigada, como un blanco intermedio liviano, esta penetración puede ser insuficiente. (Iglesias, 2015, s. p.).

Los usos de gelatina de uso en balística de efectos, por lo antes mencionado son diversos, de acuerdo al estudio que se pretende realizar. En último lugar, de estos estudios destacan, que una velocidad de impacto relativamente baja (.027m/s), a medida que el proyectil empuja el material crea una protuberancia aproximadamente cilíndrica fuera de la superficie. El material desplazado por el proyectil hace no volver inmediatamente, lo que resulta en una región vacía detrás de la bala que se conoce como cavidad temporal. La cavidad temporal crece tanto axialmente como radialmente hasta que el proyectil penetre varios centímetros, después de lo cual se detiene la expansión radial y la esquina afilada aparece a lo largo de la superficie de la cavidad.

A partir de ahí, la cavidad temporal entre la discontinuidad y el punto de entrada comienza a disminuir en tamaño, mientras que el proyectil disminuye en velocidad. En el caso de baja velocidad no hay penetración completa del bloque, por lo que la bala retrocede un poco.

Inmediatamente después del impacto, la primera cavidad aparece como resultado de la entrada del proyectil sobre la superficie del bloque, es decir, en el punto de entrada. En este caso, la cavidad se expande a un diámetro máximo que es dos o tres veces el diámetro del proyectil.

El segundo tipo de cavidad ocurre una vez que el proyectil tiene penetrado en el bloque, después de la esquina en la superficie de la cavidad. Esta cavidad se extiende más profundamente en el bloque y a bajas velocidades tiene una amplitud comparable a la del proyectil. Su diámetro se vuelve muy grande a velocidades mayores, como se muestra luego. Finalmente, la cavidad permanente es el pequeño agujero. detrás de la esfera que tiene un diámetro significativamente menor que el de la esfera. (Ryckman, *et. al.*, 2016, s. p.)

Es importante destacar que relacionado con un estudio hecho por la Asociación Gallega De Médicos Forenses,

En la biomecánica de la lesión por proyectil de arma de fuego, entran en juego las propiedades mecánicas del proyectil, su dinámica y la interacción entre éste y los distintos tejidos y estructuras que conforman el organismo. Para entender los factores relacionados con la lesividad de las armas de fuego, resulta útil el abordaje que plantea Bartlett sobre los factores que condicionan la denominada lesión balística. (Casadomé, *op. cit.*, 2019, s. p.).

A razón de, lo anterior, se ha determinado actuar con la elaboración de diferentes compuestos para la creación de simuladores de tejido que permitan determinar las variables con las que un proyectil de arma de fuego provoca una lesión balística en tejidos de seres vivos.

Sobre todo, es necesario saber que “todo proyectil puede ser frenado, minimizando el daño que produciría, identificando las limitaciones o beneficios que traerá la identificación de este tipo de daño en estructuras como la gelatina balística” (Morena, 2015, s. p).

Concretizando, un estudio realizado por el Comité Internacional de Cruz Roja,

En la gelatina o el jabón, la bala gira 270° alrededor de su eje transversal, perpendicular a su eje longitudinal, canal estrecho recto con un diámetro de alrededor 1.5 veces el calibre de la bala. Cuanto mayor es la velocidad, mayor es el canal. Los diferentes tipos de balas tienen una diferente longitud de canal estrecho” (Cervantes y Ruiz, s. f., s. p).

Así mismo, se determina que el uso de la gelatina o jabón balístico es de gran importancia respecto a cómo ya se mencionó antes, con la determinación del daño ocasionado en tejidos.

En las generalizaciones anteriores, la gelatina, es uno de los materiales comúnmente usados en numerosos laboratorios de balística de las heridas para simular los tejidos blandos, ya que se puede elaborar con la densidad más parecida a la que éstos tienen. Son diferentes en cuanto a la elasticidad y la transparencia. El ancho de la cavidad en cualquier punto del trayecto corresponde a la energía depositada en ese punto.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación es conveniente para las ciencias forenses en la línea de investigación con innovaciones metodológicas y tecnológicas en su aplicación en las diversas áreas, de tal forma que, en la elaboración del

modelo de gelatina de uso en balística de efectos, conlleva una manipulación de variables, para la mejora continua de estos modelos.

Los resultados de la investigación realizada en la elaboración de la gelatina balística, tendrá una relevancia social en el desempeño académico de los estudiantes de la licenciatura en criminología de los planes de estudios cri-18 y cri-23, por lo que permitirán a los estudiantes aplicar mediante prácticas los conocimientos teóricos adquiridos en su formación.

Dicha investigación tendrá una implicación práctica, en la dinámica de trabajo de los docentes de la licenciatura en criminología facilitando su labor didáctica mediante la mejora en el desarrollo de prácticas que se relacionan directamente con la elaboración y utilización del material balístico, con el que podrán identificar y estudiar los efectos producidos al primer contacto con el modelo de gelatina balística por los diferentes tipos de agentes vulnerantes mecánicos contundentes, específicamente aquellos relacionados con armas de fuego, comprobando los conceptos vistos en la literatura, lo que hace indispensable que en las asignaturas afines los alumnos puedan desarrollar las competencias curriculares básicas y de productividad en el ámbito laboral, como forma de adquirir nuevos conocimientos en materia balística.

Por lo tanto, el valor teórico de esta investigación se verá reflejado al aplicar de forma práctica la utilización del modelo de gelatina de uso en balística de efectos, con lo que se permite distinguir con claridad las potencialidades de las armas de fuego que tienen, visualizar la cavidad permanente provocada



por los proyectiles y que se compone por impacto directo y transferencia de energía a los tejidos o materiales adyacentes.

Es importante señalar que la utilidad metodológica sobre la que se establece esta investigación será la elaboración de un modelo de gelatina balística, esto permitiría, no solo aumentar la eficiencia en relación a los proyectos y prácticas que se desarrollan dentro de las instalaciones de la licenciatura en criminología, sino aumentar los conocimientos de los alumnos, en materia de balística, con mejores resultados en las estrategias de implementación en las prácticas que ya se encuentran trabajando, y perfeccionar los planes docentes de enseñanza de la licenciatura.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 General**

Analizar los efectos primarios producidos al primer impacto en el modelo de gelatina de uso en balística de efectos, para identificar los agentes vulnerantes mecánicos contundentes derivados de las armas de fuego.

### **1.4.2 Específicos:**

1. Documentar la información acerca de las características de los agentes vulnerantes mecánicos contundentes, específicamente, los proyectiles de arma de fuego y sus efectos producidos en el modelo de gelatina balística.

2. Producir un modelo de gelatina balística, para determinar si funciona como un simulador de tejido e identificar el efecto que se origina por los agentes vulnerantes mecánicos contundentes, específicamente los proyectiles por arma de fuego, en el material simulador de tejido al primer impacto.
3. Mostrar una nueva alternativa para el desarrollo del conocimiento de los estudiantes de la licenciatura en criminología en materia de balística forense, criminalística, fotografía forense y medicina forense, para proporcionar herramientas con las que se puedan realizar prácticas en condiciones óptimas.

## **1.5 HIPÓTESIS**

El modelo de gelatina de uso en balística de efectos sí permite la identificación análisis y documentación de los agentes vulnerantes mecánicos contundentes, específicamente los proyectiles de armas de fuego debido a que presenta las características mínimas necesarias para la simulación del tejido humano.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

La perspectiva teórica que se aborda en el presente proyecto parte desde la Criminalística, debido a que en un principio esta investigación se inclina por el estudio y la identificación de los agentes vulnerantes, a través de la elaboración de un modelo de gelatina de uso en balística de efectos, que aporte en el análisis de los efectos primarios al primer impacto, causados por éstos. Posteriormente, se abordan temas sobre el cómo se aplica la teoría de las armas de fuego y sus efectos en el cuerpo humano, determinación en los orificios de entrada y salida causados por proyectiles de arma de fuego, fundamentando en la práctica de los estudios

realizados en campo, los cuales son simulados primeramente en prototipos de gelatina elaborados previamente a las prácticas.

A continuación, se operacionalizarán los conceptos y términos más importantes en el tema de investigación.

## **2.1 Agente vulnerante**

Se debe entender como agente vulnerante a todo objeto, sustancia o elemento cuya acción externa ejercida sobre él, cause algún tipo de lesión o alteración, provocando un daño o incluso la muerte. Existen diferentes tipos de agentes vulnerantes, que se desglosan de la siguiente manera:

- **Agentes mecánicos**

Son instrumentos como agentes contundentes, armas de fuego y armas blancas, las cuales pueden producir escoriaciones, equimosis, hematomas, lesiones contusas, fracturas, contusiones profundas, machacamientos, lesiones punzantes, cortantes, punzo-cortantes, corto-contundentes y punzo-contundentes

- **Los agentes físicos.**

Son aquellos ejemplos de líquidos en ebullición, vapor de agua, radiaciones solares, cuerpos sobrecalentados, llama directa, electricidad, rayos x, agentes radioactivos, ácido y alcalinos, que en general producen quemaduras.

- **Los agentes químicos.**

Son aquellos ejemplos de barbitúricos, arsénico, cianuro de potasio, estricnina, opiáceos, alcohol, monóxido de carbono, cocaína, marihuana,

gases diversos y productos de medicamentos o aquellos que son señalados como nocivos para la salud, introducidos al organismo por vía oral, parenteral o por inhalación, que producen envenenamientos o intoxicaciones.

- Los agentes biológicos.

Son aquellos agentes que provocan daño al organismo provocando enfermedades o cualquier tipo de alteración patológica, por ejemplo, virus o bacterias.

## **2.2 Criminalística**

En las últimas décadas la criminalística en México ha tenido un desarrollo y aceptación e importancia en las investigaciones, los servicios periciales de cada uno de los estados de la república, han transformado laboratorios y han adquirido equipos, así como instrumentos para las investigaciones científicas para la procuración, impartición y administración de justicia.

La Criminalística es el conjunto de disciplinas que aplican los conocimientos, métodos y técnicas de investigación en el examen del material sensible significativo que esté relacionado con un supuesto hecho delictivo, con el fin de determinar, por medio del órgano encargado de administrar justicia la existencia de un hecho delictivo, reconstruirlo o bien señalar y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el mismo, por su parte la California Association of Criminalistic define a la criminalística como “la profesión y la disciplina científica dirigida al reconocimiento, identificación, individualización y evolución de las evidencias físicas, mediante la aplicación de las ciencias naturales en el campo de las ciencias legales”. (Burgos, 2010, p. 250)

### **2.2.1 Ramas de la criminalística**

- Medicina Legal: Busca dar respuesta por medio del estudio, teórico y práctico de los conocimientos médicos para impartir justicia.
- Química legal: Es la especialidad de la química que se ocupa del estudio a través de análisis de las reacciones químicas entre indicios existentes de naturaleza orgánica e inorgánica.
- Dactiloscopia: Es la ciencia que se propone identificar a las personas físicamente por medio de la impresión o reproducción física de los dibujos formados por las crestas papilares en las yemas de los dedos de las manos. La empresa Norteamérica Cogens System en 1990 desarrollo un sistema automático de identificación de huellas dactilares (A.F.IS) siendo el más sofisticado, preciso y avanzado del mercado. Este sistema es un programa que compara huellas dactilares electrónicamente con una base de datos que almacena información dactilar. Un individuo a quien se le toma las huellas dactilares solamente tiene que colocar su dedo en la placa de vidrio de un lector óptico. No utiliza tinta, no macha y no requiere un experto en huellas dactilares para operar el sistema, El sistema hace identificaciones positivas automáticamente, comparando las huellas del individuo con las huellas almacenadas en el sistema. La imagen obtenida de la huella dactilar puede ser utilizada para matricular al individuo en la base de datos del sistema después de realizada la búsqueda completa, evitando que la persona se matricule más de una vez. (García, s. f. p. 15)

- Balística: Ciencia que estudia las armas de fuego, analiza los diferentes comportamientos de los proyectiles, sus causas y efectos en diversas superficies.
- Fotografía Forense: El objetivo, es poder proyectar claridad y exactitud del lugar o lugares de los hechos o hallazgos de objetos o personas que pudieran ser elementos de investigación en un crimen.
- Genética Forense: Aplica técnicas utilizadas en la genética para el análisis de material sensible significativo para la identificación de individuos en base al estudio de ADN. (García, s. f. p. 15)

### **2.2.2 Principios de la Criminalística.**

Indudablemente, la Criminalística a fin de establecer y analizar las relaciones entre la víctima, el victimario, el sitio de suceso y los instrumentos usados o medios de comisión, surgen factores que van a influir directamente sobre los mecanismos de producción en determinado hecho.

En este contexto, la Criminalística como todo conocimiento científico conforme se fue desarrollando, adquirió su propio perfil, con sus principios universales establecidos y bien definidos, los cuales se mencionan a continuación:

- Principio de producción.

En la comisión de hechos delictivos se usan instrumentos como medios de comisión y se producen sin duda las evidencias físicas o indicios materiales de interés criminalística, que son las que van a permitir llegar al esclarecimiento del hecho y la identificación de los

autores, como por ejemplo las armas de fuego. Las armas de fuego producen evidencias físicas.

- Principio de intercambio.

Al ejecutarse un hecho punible, el autor o participe del mismo a su paso por la escena criminal, deja y se lleva evidencias produciéndose un intercambio entre los integrantes del tetraedro de la Criminalística como son: víctima, autor, instrumentos usados y sitio del suceso.

Este principio se le atribuye a Edmond Locard, quien manifestaba que era imposible que un criminal actúe, especialmente en la tensión de la acción, sin dejar rastros de su presencia; para una mejor ilustración, cuando se comete un homicidio con violación, pueden intercambiarse fluidos corporales como sangre, semen, células epiteliales, apéndices pilosos, rastros de tierra, polvo, fibras o cualquier otro tipo de evidencia de interés criminalístico.

- Principio de correspondencia de características.

Este principio, se refiere a la cualidad que permite inferir cuando entre dos cuerpos, existe igualdad en cuanto a color, composición, número de características y ubicación de estas particularidades, entre otros detalles.

Ciertamente, con la utilización de los instrumentos, estos van a dejar huellas impresas de estas características específicas y a través de la Criminalística comparativa se obtiene la individualización de una

evidencia, como es el caso de las evidencias de interés balístico, huellas de herramientas, y asimismo huellas dactilares.

- Principio de reconstrucción de los hechos

Al estudiar, analizar e interpretar las evidencias usadas y producidas, tanto en la escena criminal como en cualquier área del laboratorio, la Criminalística está en capacidad de reconstruir un hecho delictivo con cierto grado de probabilidad de cómo sucedieron los hechos y los medios que fueron empleados.

Ciertamente, con las evidencias físicas se reconstruye los casos, no hay crimen perfecto, el acto de delinquir altera el orden natural de las cosas y siempre dejan algún rastro, marca, mancha, vestigio, que la ciencia Criminalística trabaja para interpretar esos rastros o indicios, que a veces son insignificantes al principio, y luego de arduas investigaciones se llega al conocimiento de la verdad.

- Principio de identidad

El referido principio, se basa principalmente en que todo objeto, cosa o individuo es idéntico sólo a sí mismo y no existe otro que sea idéntico al anterior. Esto debido, a que está definida por un conjunto de características, que pueden ser naturales o adquiridas, de todas las demás, aún aquellas de la misma especie. Ejemplo, las huellas dactilares, el ADN, en general la biometría forense.



- Principio de probabilidad

Este principio, está referido a los aspectos cuantitativos que se fundamenta en la probabilidad estadística; los aspectos cuantitativos por efectos de la experimentación permiten obtener resultados fehacientes, sobre la positividad o negatividad de los mismos.

Es de explicar, mientras más características se obtengan del análisis sobre la muestra, existirá un mayor grado de exactitud para compararlos con igual número de elementos en otra muestra para establecer su individualidad; en lo referente, mayor será el nivel de certeza en las que se pueda diferenciar o no el origen de las mismas.

(Ruíz, 2011, s. p.).

### **2.3 Balística**

La balística es la ciencia que estudia el desplazamiento de los proyectiles desde el arma hasta el objetivo o “blanco”.

Por otra parte, se debe entender que uno de los principales objetivos de la balística es la reconstrucción y estudio de los factores que produjeron un hecho de origen balístico en el que intervinieron proyectiles, armas de fuego y blancos impactados.

La balística se divide en balística interior, balística externa y balística de efectos. En la Balística interior, se refiere a grandes rasgos, sobre el funcionamiento interno mecánico, que tiene el arma para poder disparar un proyectil, por lo que para esta investigación se tomarán en cuenta las otras dos ramas de la balística, como lo es la balística externa y la balística de efectos.

### **2.3.1 Balística externa**

Es aquella rama de la balística en general, que se encarga del estudio del proyectil desde que sale de la boca del cañón de un arma de fuego hasta que impacta con otro objeto o tejido.

Así es entonces como la balística externa de efectos se encargará de estudiar todos aquellos fenómenos que se ven implicados en la trayectoria del proyectil. Como su velocidad, su resistencia en el aire, distancia alcanzada, etc.

### **2.3.2 Balística de efectos**

Es aquella “que estudia los fenómenos que se presentan dentro de un tejido que es impactado por un proyectil” (Sánchez, 2010, s. p.).

Cabe mencionar que esta rama de la balística es una de las áreas de mayor interés para esta investigación, debido al interés que se presenta para estudiar los efectos ocasionados en los tejidos. Es importante mencionar que esta rama de la balística es compleja debido a la interacción que tiene el proyectil con los efectos ocasionados en tejido humano.

### **2.3.3 Balística Forense**

La Balística Forense es una rama tanto de la Balística como de la Criminalística, ya que se compone de ambas ciencias. Con su estudio especializado se encarga de auxiliar a la Criminalística para el esclarecimiento de algún hecho presuntamente delictuoso. La diferencia entre ambas balísticas, es que la técnica se encarga de utilizar sus ramas para conseguir mejoras en las armas de fuego y la Balística Forense es encargada de determinar distancias y trayectorias de un proyectil, comparación de casquillos y proyectiles, efectos ocasionados por proyectiles, o

bien, en su caso determinar si un arma ha sido disparada o no, todo lo anterior con el fin de esclarecer algún hecho delictivo. (Escobar, 2016, p.70)

Definida por Octavio Cibrián Vidrio en 2006 como la “rama especializada de la Criminalística, orientada al estudio integral de las armas de fuego, al alcance y dirección de los proyectiles que disparan y a los efectos que estos producen”.

Para llevar a cabo lo anterior, se tienen cuatro ramas en las que se divide la Balística Forense.

- Balística comparativa
- Balística identificativa.
- Balística de trayectoria y efecto.
- Mecánica de las armas de fuego.

#### **2.3.4 Balística de las heridas**

“La balística de las heridas es el estudio de la interacción entre los agentes traumáticos (como las balas y los fragmentos de armas explosivas) y los tejidos humanos” (Arcaute, 2001, p. 267)

En áreas de estudio la balística de las heridas es esa rama de la balística que ayuda y permite la simulación entre la interacción física de las balas y los tejidos humanos, para poder observar la magnitud de los daños que se ocasionan.

Para efectos del presente proyecto se ha decidido por abordar el tema de la balística de las heridas con el motivo entender cuáles son los tipos de daños que los diferentes proyectiles pueden hacer.

#### **2.3.5 Daños Ocasionados**

Un proyectil que ingresa al cuerpo de un ser vivo perforando la piel, mucosa o ambas y permanece dentro de éste, causa una herida penetrante, con un

solo orificio de entrada, y es liberada toda la energía cinética a los tejidos circunvecinos. Si atraviesa el cuerpo, originándose orificios de entrada y salida, se trata de una herida perforante y en este caso sólo es liberada parte de la energía cinética del proyectil. (Guerrero, 2001, s. p.)

La magnitud de la lesión producida por un proyectil está dada por su peso (masa), forma, velocidad, arrastre, resistencia del tejido por el cual pasa el proyectil, coeficiente de arrastre, la combinación de forma y velocidad del proyectil y las propiedades elásticas.

En general, el potencial de lesión de un proyectil en particular está determinado en gran medida por la eficiencia del mismo para transferir energía cinética a los tejidos impactados. Así mismo, al duplicar la masa de un proyectil se duplica la energía cinética, pero al doblar la velocidad se cuadruplica la energía cinética.

El daño tisular provocado por el impacto del proyectil es causado por mecanismos directos e indirectos. Los directos son el corte o laceración causado por el proyectil original o fragmentos y la transferencia de calor. Los indirectos son: la compresión por las ondas de choque de bajo desplazamiento longitudinal y la cavitación por las ondas de cercenamiento o cizallamiento de alto desplazamiento transversal.

Al momento que un proyectil ingresa a tejido vivo, perfora la piel mucosa o en ocasiones ambas y permanece dentro de estas, el resultado será una herida penetrante, cabe mencionar que ésta herida es con un solo orificio y es liberada toda la energía cinética a los tejidos contiguos, por otro lado, si el proyectil atraviesa el tejido se producirá dos orificios: un orificio de entrada y un orificio de salida, y el

resultado será una herida perforante, en donde solo es liberada parte de la energía cinética del proyectil.

Se puede señalar que, la magnitud de las lesiones que son producidas por un proyectil, está influenciada por el peso (masa), forma, velocidad del proyectil, propiedades viscoelásticas (fuerza tensil y densidad) de los tejidos, y finalmente por la estabilidad del proyectil dentro de los tejidos y la energía cinética liberada por el proyectil al momento del impacto

#### **2.3.5.1 Cavity Temporal:**

La temporal es un túnel extensible por donde pasa la bala, lo que crea una zona de contusión, será mayor a medida que la velocidad sea mayor.

#### **2.3.5.2 Cavity Permanente:**

La cavidad temporal dependerá de la incapacidad del tejido de retornar a su normalidad a la fragmentación del proyectil, así como de la lesión a tejidos vitales.

#### **2.3.5.3 Trauma**

El trauma se ha definido como el daño a la integridad física de una persona, de origen diverso (energía mecánica, eléctrica, térmica, química u otra), ocasionado de manera intencional (lesiones premeditadas) o no intencional (accidentes). Es una alteración que genera dolor, malestar, morbilidad, mortalidad e incapacidad e implica la utilización de los recursos de los servicios de salud. (Chaparro, s. f., p.1)

#### **2.3.5.4 Disparo a quema ropa (daños y signos)**

El tamaño de la cavidad temporal y del trayecto permanente se determina no solo por cantidad de energía cinética depositada en los tejidos, sino también por la densidad y cohesión elástica de los mismos.

La pérdida de energía a lo largo del trayecto no es uniforme, las variaciones dependen del trayecto del proyectil, o de los cambios en la densidad de los tejidos.

Un aumento en la pérdida de energía cinética se refleja en el agrandamiento del diámetro de la cavidad temporal. Cuando el proyectil perfora el cuerpo, solamente una parte de su energía cinética se emplea en la formación de la herida. La pérdida de la energía de un proyectil depende de cuatro factores principales:

1. Cantidad de energía cinética que el proyectil poseía en el momento del impacto.
2. Ángulo de desviación del proyectil en el momento del impacto. Como tal se define la desviación del eje mayor del proyectil con respecto a su línea de vuelo: cuanto mayor sea este ángulo con al chocar con el cuerpo, más grande será la pérdida de energía.
3. El proyectil mismo: su calibre, construcción y configuración. Los proyectiles de nariz roma son retardados por los tejidos y, pierden consecuentemente, mayores cantidades de energía cinética que los proyectiles puntiagudos.
- 4, Densidad, fuerza y elasticidad del tejido. A mayor densidad, más retardo y mayor la pérdida de energía cinética. El aumento en la densidad aumenta la desviación, así como el acortamiento del periodo de rotación. Todo ello

conduce a un retardo mayor y a una mayor pérdida de energía cinética (Vargas, 1999, p. 163-169)

- Signo de Nerio Rojas:

El signo del deshilachamiento crucial de Nerio Rojas, consiste en el desgarramiento en forma de cruz que se hace en la ropa, y tiene los bordes ennegrecidos.

- Orificio por disparo de contacto:

Se produce cuando la boca del arma se sostiene contra la superficie del cuerpo en el momento del disparo. Este contacto puede ser firme, laxo, angulado e incompleto.

- Contacto firme:

La boca de fuego está de tal modo apoyada contra la piel que ésta tiende a envolverla. Los bordes del orificio están chamuscados por los gases calientes de la combustión y ennegrecidos por el humo.

- Contacto laxo:

La boca de fuego es sostenida sobre la piel con poca presión. De esta manera, queda un espacio entre ambas que permite el depósito de humo alrededor del orificio.

- Contacto angulado:

El cañón se apoya en ángulo agudo sobre la piel. En los puntos donde no hay contacto completo, los gases y el humo se escapan, y así se produce un ahumamiento excéntrico en torno al orificio.

- Contacto incompleto:

Es una variante del contacto anulación. Se presenta cuando la boca de fuego se apoya en regiones del cuerpo que no son planas, como la cabeza. Por esta razón, quedan puntos donde la boca de fuego y la piel están separados. Esto permite el escape de gases y la formación de una zona chamuscada en negrecida (*Ídem*).

### **2.3.6 Interacción proyectil-tejido**

Cuando una bala se impacta en un cuerpo humano existe una interacción entre el proyectil y el tejido que resulta dañado. La influencia de los tejidos en la bala es recíproca. Esta interacción depende de una serie de factores, en que todo resultado es la transferencia de la energía cinética del proyectil a los tejidos. Esta transferencia de energía cinética puede comprimir, cortar o rasgar los tejidos, causando aplastamiento, laceración o estiramiento. La transferencia de energía local en cada punto de la trayectoria de la bala es más importante que la cantidad total de energía transferida en la producción del daño tisular. La lesión en el tejido se debe a la compresión, el corte o cizallamiento, el aplastamiento, la laceración y el estiramiento. Una bala que impacta en el cuerpo humano muestra las mismas tres fases que en los simuladores de laboratorio si el trayecto de la bala es lo suficientemente largo. En los tejidos biológicos la “cavidad permanente” del canal de tiro es el definitivo después de tener en cuenta todos los efectos temporales. Éste es el canal de la herida que el cirujano ve y es el resultado final de la aglomeración del aplastamiento de los tejidos. (Cervantes y Ruiz, *op. cit.* s. f., s. p.).



## **2.4 Lesiones de estiramiento**

Los tejidos tienen una capacidad elástica que se resiste a la tracción de estiramiento. Cuando se llega a determinado límite los capilares se rompen y se produce contusión de los tejidos. Más allá de este límite crítico, los tejidos son desgarrados, de la misma manera que, en el laboratorio, la gelatina muestra las líneas de fractura. El daño del tejido por estiramiento puede ser permanente o temporal. El estiramiento del tejido se produce durante la cavitación, que tiene lugar en todas las heridas de proyectil, cualquiera que sea la energía, el tipo o el movimiento del proyectil, y en todos los puntos a lo largo del canal de tiro. Hay incluso un efecto de cavitación menor durante la fase 1 del estrecho canal de tiro. El volumen de la cavidad se determina por la cantidad de energía disipada y la relación de elasticidad--resistencia del tejido. Esta cavitación de estiramiento realiza un trabajo sobre los tejidos dañados por el aplastamiento. A esto se agrega el daño local inmediato. En las heridas con proyectiles de baja y mediana energía esta cavitación es mínima. Cuando una bala gira sobre su eje transversal (se deforma o se fragmenta) la liberación de la energía cinética es mucho mayor y se superpone en el gran aplastamiento de tejido. Una fase 2 larga, con cavidad temporal, es el resultado de un desplazamiento momentáneo masivo de tejidos en todas las direcciones hacia afuera del trayecto de la bala. "Al igual que en la gelatina, la cavidad pulsa: una aceleración elástica seguida de una desaceleración de los tejidos circundantes es un efecto de cizallamiento". (*idem*)

## **2.5 Histología**

Es la rama de la anatomía que estudia los tejidos de animales y plantas. se utilizan indistintamente para referirse al estudio de la estructura microscópica de células,

tejidos y órganos o sistemas. Para ello, ha sido indispensable el invento del microscopio. (Mejía, et. Al., 2016, p. 60-63).

### **2.5.1 Tejidos**

Es el conjunto de células conectadas entre sí por la matriz extracelular, que además funciona para el intercambio de nutrientes. (*Ídem*)

Ahora bien, es importante mencionar que existen diferentes tipos de tejido, estos son:

- Tejido epitelial: que se describe como aquel conjunto de células que se apoyan de una compleja membrana basal formando epitelios de revestimiento, formados por una hilera de células.
- Tejido nervioso: aquel que está constituido por un conjunto de células cuya característica principal es la transmisión de impulsos nerviosos llamadas neuronas.
- Tejido muscular: aquel que está formado por fibras musculares con son células alargadas cuya función principal es la contracción. Este tejido a su vez se subdivide en tres tipos de musculo.
  - a) Músculo liso.
  - b) Músculo estriado esquelético.
  - c) Músculo estriado cardiaco.
- Tejido conjuntivo: aquel en el que su principal función es unir o conectar los demás tipos de tejidos. En este tipo de tejido se incluyen cuatro tipos de tejido más, los cuales son:

- a) Tejido cartilaginoso: que se describe como aquel tipo de tejido conectivo especializado, blando que es la base para la formación del tejido óseo.
- b) Tejido sanguíneo: Es un tejido conectivo muy particular, cuyas células o elementos formes son los glóbulos rojos, (transporte de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) glóbulos blancos (defensa del organismo) y las plaquetas.
- c) Tejido óseo: que constituyen el hueso compacto y el hueso esponjoso.
- d) Tejido adiposo: Se caracteriza por tener escasa cantidad de matriz extracelular. Existen dos tipos de adipocitos; a) unilocular (grasa blanca), donde cada adipocito posee únicamente una gota de grasa, se encuentra en las personas adultas, y b) multilocular (grasa parda), cada adipocito posee múltiples gotas de grasa. (*Ibídem*).

## 2.6 Piel

La piel, el mayor órgano del cuerpo, se compone de la epidermis, o capa superficial, y la dermis, una capa de tejido conectivo más profunda. La piel proporciona:

- Protección del cuerpo frente a los efectos ambientales, como erosiones, pérdida de líquidos, sustancias nocivas, radiación ultravioleta y microorganismos invasores.
- Contención de las estructuras corporales (p. ej., tejidos y órganos) y de las sustancias vitales (especialmente los líquidos

extracelulares), lo que previene la deshidratación, que puede ser grave en las lesiones cutáneas extensas (p. ej., quemaduras).

- Regulación térmica, mediante la evaporación del sudor y/o la dilatación o constricción de los vasos sanguíneos superficiales.
- Sensibilidad (p. ej., al dolor) mediante los nervios superficiales y sus terminaciones sensitivas.
- Síntesis y almacenamiento de vitamina D. (Moore, 2013, p. 51)

## **2.7 Elasticidad del tejido**

Los tejidos elásticos toleran bien el estiramiento, aunque pueden sufrir aplastamiento severo. El pulmón y la piel tienen una excelente tolerancia; relativamente dejan pocos daños residuales después del estiramiento. El músculo esquelético y la pared del intestino vacío tienen buena tolerancia. El cerebro, el hígado, el bazo y el riñón no son elásticos, por lo que se rompen cuando se estiran. Los órganos llenos de líquido (corazón, vejiga llena, estómago lleno e intestinos) reaccionan mal, a causa de la no compresión de los tejidos líquidos, pudiendo “explotar”. Los nervios y los tendones son móviles, y los vasos sanguíneos son elásticos. Por lo general son expulsados en el camino de la cavitación. El hueso cortical es denso y rígido y se resiste al estiramiento. (*Ibíd.*)

## **2.8 Armas de fuego y calibres permitidos en México.**

Es importante conocer, para efectos de la presente investigación, las armas de fuego que se permiten usar legalmente en toda la República Mexicana, puesto que,

en la parte experimental, se trabaja con armas de tiro de aire comprimido, de diábolo y munición, y en con la colaboración de la Secretaría de Seguridad Ciudadana de Querétaro se utilizan también, armas de fuego por parte de elementos de la policía.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1972 con última reforma publicada DOF 19-02-2021, se determina lo siguiente:

- Artículo 9o.- Pueden poseerse o portarse, en los términos y con las limitaciones establecidas por esta Ley, armas de las características siguientes:

I.- Pistolas de funcionamiento semi-automático de calibre no superior al .380 (9mm.), quedando exceptuadas las pistolas calibres .38 Súper y .38 Comando, y también en calibres 9 mm. las Mausser, Luger, Parabellum y Comando, así como los modelos similares del mismo calibre de las exceptuadas, de otras marcas.

II.- Revólveres en calibres no superiores al .38 Especial, quedando exceptuado el calibre .357 Magnum. Los ejidatarios, comuneros y jornaleros del campo, fuera de las zonas urbanas, podrán poseer y portar con la sola manifestación, un arma de las ya mencionadas, o un rifle de calibre .22, o una escopeta de cualquier calibre, excepto de las de cañón de longitud inferior a 635 mm. (25), y las de calibre superior al 12 (.729 o 18. 5 mm.).

III.- Las que menciona el artículo 10 de esta Ley.

IV.- Las que integren colecciones de armas, en los términos de los artículos 21 y 22.

- Artículo 10.- Las armas que podrán autorizarse a los deportistas de tiro o cacería, para poseer en su domicilio y portar con licencia, son las siguientes:

I.- Pistolas, revólveres y rifles calibre .22, de fuego circular.

II.- Pistolas de calibre .38 con fines de tiro olímpico o de competencia.

III.- Escopetas en todos sus calibres y modelos, excepto las de cañón de longitud inferior a 635 mm. (25), y las de calibre superior al 12 (.729 o 18.5 mm.).

IV.- Escopetas de 3 cañones en los calibres autorizados en la fracción anterior, con un cañón para cartuchos metálicos de distinto calibre.

(Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, 1972, Art. 9-10.)

## **2.9 Projectiles de armas de fuego.**

Se considera como proyectil de arma de fuego a las balas que son proyectadas mediante un instrumento de tipo mecánico (arma de fuego), cuya función es expulsar a gran velocidad un proyectil con el fin de impactar en algún objeto o tejido.

De éstos proyectiles, a su vez existen diferentes tipos que se mencionarán en el siguiente apartado.

## **2.10 Clasificación de un proyectil de acuerdo a la velocidad al salir del cañón.**

TABLA. 1

En la siguiente tabla se muestra las velocidades de los proyectiles.

<b>Proyectiles de alta velocidad (PAV).</b>	<b>Proyectil de Velocidad Media (PVM)</b>	<b>Proyectiles de baja velocidad (PBV).</b>
Cuando viajan a más de 2,000 pies/seg, equivalente a 609.5 m/seg,	De 1,100 a 2,000 pies/seg.	Van a menos de 1,100 pies/seg.

Fuente. Elaboración Reséndiz Morán Luis Daniel.

Las armas de uso civil por lo general emplean proyectiles de baja velocidad, e incluyen a todas las pistolas y algunos rifles como los de calibre .22 LR, no así los rifles de caza que en su mayoría usan proyectiles de alta velocidad. Los rifles de uso militar, semiautomáticos o automáticos, emplean proyectiles de alta velocidad. Las pistolas ametralladoras o metralletas calibres 9 mm y .45, usan proyectiles de baja velocidad. Se consideran armas de pequeño calibre aquellas cuyo proyectil tiene un diámetro menor a 0.6 de pulgada, que equivale a calibre .60 o 15 mm. Por ejemplo, las pistolas empleadas para uso militar por lo general son calibres .38 (9 mm) y .45 (11 mm), el desconocimiento de lo anterior motiva confusiones entre personas y publicaciones. Las armas de grueso calibre por lo general no son de uso individual. (Silvia, 1999, p. 69-74).

### **2.11 Perdigones**

“Proyectiles de forma esférica de diferentes diámetros, menores a 4 milímetros, los cuales conforman la carga de cartuchos de proyectiles múltiples para escopeta; diseñados para la cacería menor o de aves” (Osorio, 2005, p. 23-24).

### **2.12 Postas**

“Proyectiles de forma esférica de diferentes diámetros, mayores a 4 milímetros, los cuales conforman la carga de cartuchos de proyectiles múltiples para escopeta; diseñados para la cacería mayor o de animales de pelo” (*Ídem*).

### **2.13 Estría**

De acuerdo al mismo autor, la estría es el surco impreso en bajo relieve en el cuerpo de un proyectil, por acción del proceso de disparo a través del anima estriada del cañón del arma de fuego.

### **2.14 Dispersión**

“Es la distribución que presentan los proyectiles múltiples cuando inciden en un blanco, la forma que dibujan es lo que se denomina «patrón de dispersión», el cual se acostumbra a medir como un diámetro” (*Ibídem*).

### **2.15 Residuos de disparo**

“Son los elementos que salen de la boca de fuego del arma cuando el proyectil es disparado. Generalmente están formados por gránulos de pólvora combustionada, semicombustionada o cruda, partículas metálicas procedentes del proyectil y el fulminante de la vainilla, tales como plomo, cobre, bario y antimonio” (*Ibídem*).

### **2.16 Velocidad del Proyectil:**

La velocidad de un arma de fuego varía de 1 200 m/s a 1 800 m/s. Las balas se construyen para que se altere su forma al golpear con el objetivo con el fin de aumentar la cavidad permanente y, con ello, el daño al incrementar la superficie de contacto. Las balas son disparadas en un eje longitudinal con un efecto giratorio, al entrar en contacto y dependiendo de la velocidad se



deforman aumentando en una constante la cavitación y, con ello, aumentando el daño. Por último, hay algunas balas que están diseñadas para fragmentarse, lo que las convierte en potencialmente mortales. El daño en los tejidos está en función de su elasticidad, es decir, de la capacidad del tejido para recuperarse de la cavitación; sin embargo, hay balas diseñadas para crear una gran cavitación que implica todo tipo de tejidos y ocasionan un gran daño. (Basilio, 2016, p.146)

### **2.17 Comportamiento en tejidos.**

Proyectiles. Los proyectiles comunes consisten en una bala de plomo cubierta por una “camisa” de cobre que lo hace de forma total o parcial, cilindros de plomo, postas pequeñas y grandes de plomo o acero. Las balas de plomo sin revestimiento (“camisa”) por lo general son disparadas en armas para proyectiles de baja velocidad y se encuentran disponibles en varias formas, tamaños y pesos. Las formas más comunes incluyen las de punta redonda, de corte transverso e intermedios. Los proyectiles “wadcutters” son cilíndricos con una superficie plana circular de contacto, que crea agujeros de bordes muy precisos en el blanco de papel, por lo que se usan para tiro al blanco. Los proyectiles “semiwadcutter” son híbridos y consisten de una punta cónica o afilada con un hombro agudo a la mitad del proyectil, lo que combina la habilidad de crear un agujero preciso en el papel del blanco con una mejor forma aerodinámica, lo que mejora la exactitud y la entrada del proyectil a la recámara de las armas automáticas y semiautomáticas. Los proyectiles que viajan a mayor velocidad como los de los rifles forman franjas de plomo al llenar los surcos del rayado del cañón, al aplicarles un recubrimiento de cobre duro se evita este problema. Un proyectil “Full-metal jacked” es aquél en que

el corazón de plomo está totalmente cubierto por cobre, en su mayoría de los casos. Este tipo de proyectil es el único permitido para empleo bélico, por la III Declaración de la Conferencia de la Paz de La Haya de 1899, que por cierto nunca firmaron los Estados Unidos de América. Un proyectil de “punta blanda”, es uno parcialmente encamisado dejando sin cubrir la punta de plomo del mismo y si a esta punta se le hace una perforación, entonces se permite la expansión y el aplanamiento del proyectil al momento de su impacto, desacelerándose bruscamente con aumento en la liberación de energía, sin embargo, la lesión causada no es mucho mayor y en general se usan en rifles de caza. Las balas devastadoras contienen en su interior una cavidad llena de explosivo, al encontrarse dentro de los tejidos este último explota produciendo mayores lesiones. Cuando no explotan existe el riesgo para los cirujanos de explosión al ser manipuladas, debiendo tomarse las precauciones necesarias para evitarlo. “Las balas “Dumdum” son balas cilíndricas de punta plana disparadas por un rifle, pueden causar daño tisular extenso al expandirse, cuando penetran al cuerpo. Los cartuchos de salva, a menos de 6 m de distancia pueden causar lesiones, incluso abiertas de tórax, y penetrantes en extremidades, córnea o conjuntiva. No son inocuas y no deben considerarse de juego. Los “slugs” para escopeta son piezas cilíndricas de plomo del diámetro del calibre del cañón de la escopeta. Son proyectiles grandes y pesados que pueden causar lesiones devastadoras a corta distancia” (Barnes FC, 1980, s. p).

“Los proyectiles para escopetas por lo general son postas (esferas de plomo o acero), que pueden ser de diámetro pequeño o de diámetro mediano y el número de ellas en el cartucho varía inversamente proporcional a su diámetro, por ejemplo, un cartucho para escopeta calibre 12, tipo “buckshot”, contiene nueve postas, cada

una de aproximadamente 0.33 pulgadas (0.83 cm) de diámetro”. (Feliciano DV, 1996, p. 85-103).

## **2.18 Masa**

La masa de un objeto es la medida de la cantidad de materia que tiene, entre más materia tiene un objeto mayor es la masa que este tendrá. La masa se mide en Kilogramos o medidas derivadas.

### **2.18.1 Volumen**

El volumen de un objeto es una medida del espacio ocupado, ente más materia tiene el objeto mayor será el volumen, el volumen se mide en metros cúbicos o medidas derivadas.

### **2.18.2 Densidad Corporal.**

Es la razón entre la masa y el volumen. Es una propiedad del material, ya que cada uno tiene una densidad característica, así cada objeto diferente hecho del mismo material, siempre tendrá la misma densidad, sea cual sea la masa y el volumen que contengan.

“Es básicamente una relación entre la masa total del cuerpo y el volumen total que este cuerpo ocupa. La densidad es una magnitud escalar resultante de la cantidad de masa del cuerpo humano (kg) contenida en un determinado volumen de ese cuerpo (m<sup>3</sup>).” (Acero J, 2013, s. p.)

Dentro de las características de la densidad corporal, podemos mencionar que:

1. Se relaciona con la fuerza y los momentos de inercia, por su característica física cinético del cuerpo.

2. Es definida como el cociente entre la masa y el volumen.
3. Densidad (símbolo  $\rho$ ) = masa (kg) / volumen (m<sup>3</sup>)  $\rho = m/v$ .

TABLA 2.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades de la materia y su unidad de medida.

MATERIA		
VOLUMEN	MASA	DENSIDAD
Espacio Ocupado.	Cantidad de Materia	Material o sustancia.
M <sup>3</sup>	Kg	Kg/m <sup>3</sup>

Fuente. Elaboración León Granados Ana Laura.

### **2.19 Materiales simuladores de tejidos.**

La simulación experimental para estudio del comportamiento de los proyectiles, es el proceso de comparar la interacción simulada y mensurable de los agentes vulnerantes mecánicos contundentes (proyectiles disparados por armas de fuego) mientras atraviesan el modelo de gelatina balística simuladora del tejido humano (específicamente simuladora de tejido muscular), con las observaciones de heridas reales analizadas en tejidos musculares reales. Este proceso sirve para validar la simulación realizada en el laboratorio.

#### **2.19.1 Gelatina balística**

“El jabón de glicerina y la gelatina al 10% o al 20% son los materiales comúnmente usados en numerosos laboratorios de balística de las heridas para simular los tejidos blandos, ya que tienen la misma densidad que éstos”. (CICR, 2008, s. p.)

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Enfoque, Alcance, Diseño y Universo.**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo y un diseño de investigación experimental de tipo pre-experimento, con una muestra no probabilística.

Es cuantitativa debido a que se puede calcular la velocidad del proyectil, así como el diámetro de la lesión que ocasione dicho proyectil. Todo, es documentado a través de los registros escritos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación.

Las características de una herida por arma de fuego a la entrada y en caso de salida, así como la extensión de la lesión dependen de un gran número de variables, como el tipo de arma usada, el calibre de la bala, la distancia al cuerpo o área de impacto al primer contacto y su trayectoria.

Descriptivo: dado que se especificará la información respecto al daño que es causado por el proyectil de arma de fuego en el simulador de tejido y gelatina balística, así mismo se describen sus dimensiones y características con precisión.

De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri el alcance descriptivo busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Es investigación experimental, puesto que ésta requiere de la realización de prácticas que permitan el estudio del comportamiento, grado de afectación y daño causado por los agentes vulnerantes mecánicos contundentes (proyectiles) disparados por armas de fuego en la gelatina balística, además de, todas las prácticas que se requieren para la propia elaboración de ésta.

Se considera, que es de tipo pre-experimento, el cual se denomina así por que consiste en administrar un estímulo para después aplicar una medición de una o más variables, que, para el caso de la presente investigación, se manipularían las variables que se consideren para la elaboración de la gelatina y se arrojen resultados distintos al momento de experimentar con los proyectiles su comportamiento en dicho modelo de gelatina, también llamada simulador de tejido blando (específicamente, músculo)

### **3.2 Materiales y Métodos.**

El área de estudio se ubica en las instalaciones de la Licenciatura en Criminología, de la Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, que, para efecto de llevar a cabo la producción de gelatina de uso en balística de efectos, serán evaluados diferentes prototipos hechos a base de agua, gelatina, glicerina y grenetina con variación en sus porciones, así como, en la temperatura final, con una temperatura ambiente en un rango de 17-29°C. Los prototipos fueron elaborados en el mes de noviembre-febrero 2020-2021

#### **TABLA 3.**

En la tabla se muestran los materiales y cantidades utilizadas para la elaboración de la gelatina de uso balística de efectos.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Grenetina marca Gary sin sabor ni color (completar blooms y cantidades 165).</b>	2 sobres
<b>Grenetina a 180 blooms.</b>	1 kg
<b>Aceite puro de oliva Pam en aerosol</b>	4 envases de 141 g.
<b>Guantes Resistentes Al Calor</b> Material: algodón y poliéster.	1 par
<b>Moldes, Bote Para Agua En Acero Inoxidable.</b>	Capacidad de 3 litros.
<b>Paquete de Jeringas</b> Material : PP calidad alimentaria y acero inoxidable	Capacidad: aprox. 30 ml.
<b>Vaporera De Aluminio.</b>	Capacidad: 2 litros.
<b>Cuchara De Acero Inoxidable</b> Tamaño del artículo: 37 x 10 x 3 cm. Peso del paquete: Aprox. 206 g, 216 g.	2 cucharas

<b>Termómetros Bside Gm320 Lcd Ir</b>	2 termómetros
Termómetro Infrarrojo, Pirómetro Digital	
Display :1.9 Inches & Under	
Tipo de batería: AAA	
Función: Digital	

### 3.2.1 Pasos a seguir

Fase 1.

Para la elaboración de la gelatina: Se realizaron tres muestras de gelatina para el uso balístico.

Donde la **muestra 1** requirió de 2 Litros de agua, los cuales fueron sometidos al fuego hasta alcanzar el punto de ebullición, hace mención a la temperatura en la cual un líquido hierve, el punto de ebullición del agua es 100 grados centígrados.

En los dos litros de agua una vez alcanzado su punto de ebullición se agregó 320 gramos de grenetina y se disolvió en fuego lento hasta conseguir una mezcla totalmente homogénea. Posteriormente se retiró del fuego y se agregó 24 mililitros de glicerina pura, que al someterse a temperaturas bajas se forma una pasta gomosa y espesa. Una vez agregada la glicerina, se procedió a la separación de partículas sólidas de un líquido, es decir, a filtración. Para poder retirar aquellas partículas sólidas o las impurezas, que se forman por la grenetina de forma natural al momento de disolverla en el agua.



Finalmente, la muestra se dejó a temperatura ambiente 2 horas. La temperatura en el Estado de Querétaro del día 29 de octubre del 2020 a las 18:00 fue de 24° la temperatura más alta y de 8° la temperatura más baja, con una probabilidad de precipitación de 2%.

La muestra 1, se sometió a refrigeración, hasta el día 13 de noviembre 2020, que se realizó la practica con las armas de tiro deportivo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro en el laboratorio de criminalística, en el edificio F, de la facultad de derecho, licenciatura en criminología, a las 10:00 horas.

**NOTA:** El termómetro de mercurio no sirve para poder medir la temperatura del agua al momento de alcanzar su punto de ebullición. Ya que este, puede romperse al momento de sumergirlo en el agua hirviendo.

Al momento de disolver la grenetina en fuego lento, es importante mencionar que la grenetina se puede pegar en el cuerpo de la olla.

Para la **muestra 2** requirió de 3 Litros de agua, los cuales fueron sometidos al fuego hasta alcanzar el punto de ebullición, hace mención a la temperatura en la cual un líquido hierve, el punto de ebullición del agua es 100 grados centígrados.

En los tres litros de agua una vez que se alcanzó su punto de ebullición se retira del fuego; Se agregó 300 gramos de grenetina se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea, y posteriormente se agregaron 240 gramos de gelatina sin sabor ni color, de la marca Gary, se mezcla hasta disolver.

Después se agregó 40 mililitros de glicerina pura, que al someterse a temperaturas bajas se forma una pasta gomosa y espesa. Una vez agregada la glicerina, se llevó

el proceso de separación de partículas sólidas de un líquido, es decir, a filtración. Para poder retirar aquellas partículas sólidas o las impurezas, que se forman por la gredina de forma natural al momento de disolverla en el agua, como anteriormente se mencionó.

Finalmente, la muestra se dejó a temperatura ambiente 2 horas. La temperatura en el Estado de Querétaro del día 10 de noviembre del 2020 a las 19:10 horas. fue de 22° la temperatura más alta y de 11° la temperatura más baja, con una probabilidad de precipitación de 1.2%.

La muestra 2, no se sometió a refrigeración, hasta el día 13 de noviembre 2020, que se realizó la practica con las armas de tiro deportivo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro en el laboratorio de criminalística, en el edificio F, de la facultad de derecho, licenciatura en criminología, a las 10:00 horas.

Para la **muestra 3** requirió de 2 Litros de agua, los cuales fueron sometidos al fuego hasta alcanzar el punto de ebullición, hace mención a la temperatura en la cual un líquido hierve, el punto de ebullición del agua es 100 grados centígrados.

En los dos litros de agua una vez que se alcanzó su punto de ebullición se retira del fuego; Se agregó 240 gramos de gelatina sin sabor ni color, de la marca Gary, se mezcla hasta disolver.

Después se agregó 24 mililitros de glicerina pura, que al someterse a temperaturas bajas se forma una pasta gomosa y espesa. Una vez agregada la glicerina, se llevó el proceso de separación de partículas sólidas de un líquido, es decir, a filtración. Para poder retirar aquellas partículas sólidas o las impurezas, que se forman por la

gretina de forma natural al momento de disolverla en el agua, como anteriormente se mencionó.

Finalmente, la muestra se dejó a temperatura ambiente 2 horas. La temperatura en el Estado de Querétaro del día 10 de noviembre del 2020 a las 19:40 horas. fue de 22° la temperatura más alta y de 11° la temperatura más baja, con una probabilidad de precipitación de 1.2%.

La muestra 3, se sometió a refrigeración, hasta el día 13 de noviembre 2020, que se realizó la practica con las armas de tiro deportivo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro en el laboratorio de criminalística, en el edificio F, de la facultad de derecho, licenciatura en criminología, a las 10:00 horas.

## **Fase 2.**

- 1) Una vez que las características de la gelatina sean adecuadas para poder determinar y visualizar la cavidad permanente, temporal, así como el diámetro de los orificios de entrada y probablemente de salida, se procederá a la medición del diámetro de dichos orificios.
- 2) Se procederá a la descarga del proyectil del arma de fuego en la gelatina balística, en diversas distancias para poder conocer las diferencias entre los diámetros que el proyectil dejará en los modelos de gelatina balística, así como la velocidad de la trayectoria del proyectil.
- 3) Se tomará nota entre cada disparo sobre las características propias, así como de la velocidad a la distancia determinada.
- 4) Se tomarán fotografías para su documentación pertinente.

### **3.3 Plan de análisis estadístico**

Debido a las características que representa este proyecto de investigación de tipo experimental no requiere de la realización de un análisis estadístico.

### **3.4 Consideraciones éticas**

El presente proyecto de investigación reúne una serie de consideraciones éticas que se han tomado en cuenta conforme ha ido avanzando cada una de las etapas de dicha investigación. Dichas consideraciones éticas para el desarrollo de este proyecto de investigación se relacionan directamente con el respeto a los derechos humanos de todo individuo que resulta participe de la misma, tanto para los investigadores como para aquellos colaboradores que apoyen a su desarrollo.

Esto es, que, de acuerdo con la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos en 2005, en uno de sus principales objetivos, se plantea la importancia de reconocer la investigación científica y las repercusiones que aporten beneficios al desarrollo científico y tecnológico, respetando así la dignidad humana, los derechos humanos y las libertades fundamentales, de esta manera, aunque el presente proyecto de investigación tiene por objetivo general implementar gelatina de uso en balística de efectos, para analizar el efecto o el comportamiento de los proyectiles de arma de fuego que sean proyectados dentro del modelo, toma en cuenta que toda repercusión de sus resultados obtenidos al final de toda práctica y/o prueba experimental, se haga resguardando la integridad y respetando los derechos de toda persona que participe en el proyecto. Por ello, es importante que toda persona que participe dentro del proyecto, tenga el conocimiento suficiente para realizar las debidas prácticas dentro del mismo.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Para la realización de las pruebas experimentales dentro del laboratorio de Criminalística de la Licenciatura en Criminología UAQ, se adaptó un espacio que cuenta con las siguientes características:

- a) Colocación de una mesa de 1 m de altura, tipo escritorio, que sirva como base para colocar las muestras de gelatina ya elaboradas como se menciona anteriormente.
  
- b) Colocación de una placa de madera (para el caso de tiro deportivo, donde salió esta definición) y de acero (para el caso de tiro no deportivo) con medidas de 2.5 m de ancho por 1.5 m de altura y 2cm de grosor, ubicada en posición vertical, de manera que bloquee el paso de los proyectiles en caso de que al realizar la práctica el disparo sobrepase el espesor de la muestra de gelatina (Véase en foto 1 y foto 2).
  
- c) Para documentar mediante fotografía, es necesario colocar un fondo azul, a todo el espacio que ha sido adaptado para las prácticas, puede colocarse una tela de 4 m por 4 m que cubra la placa de madera o acero (Véase en foto 8).
  
- d) Colocar el cronógrafo balístico sujeto en un tripie a la misma altura y frente a la muestra de gelatina, de tal manera que el proyectil que sea disparado, pase a través de las alas del cronógrafo, impactando sobre dicha muestra y para que éste pueda hacer su función de medir la velocidad a la que pasan los proyectiles durante su trayectoria (Véase foto 3)

e) Colocar a un costado del área de disparo una mesa tipo escritorio donde se colocarán todos los materiales restantes para la realización de la práctica de disparo.

f) Colocarse el equipo de seguridad (guantes de hule látex, lentes de seguridad, tapones para oídos, bata).

Lo anterior se adapta con el fin de realizar las siguientes pruebas:

#### **4.1 Prueba 1. Disparo en gelatina (grenetina) en laboratorio de criminalística.**

Se coloca la primera muestra de gelatina hecha a base de grenetina, sobre la mesa que se especificó en el inciso a, después se procede a abastecer el rifle de tiro deportivo con su respectivo diábolo y munición. Se activa el cronógrafo y se procede a realizar el disparo, apuntando a la muestra de gelatina a través de las alas del cronógrafo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 4.

<b>Numero de práctica:</b> 1	<b>Fecha y Hora:</b> viernes 13 de noviembre 2020. 10:00 am
<b>Distancia del disparo:</b> 50 centímetros	
<b>Arma:</b> Pistola de perdigones, K-62-3 PAT PEND, tipo de proyectil (diseño, material, peso en gramos y granos, cartucho)	
<b>Velocidad del cronógrafo:</b> 73.5 m/s	
<b>Tipo de material:</b> Grenetina a 180 blooms.	
<b>Trayecto:</b> 6 centímetros. y 10 centímetros. Profundidad y altura (tridimensional)	
<b>Diámetro del orificio:</b> .8 x.8 centímetro (entrada-salida). Instrumento de medición.	

Fuente. Elaboración León Granados Ana Laura

Se procede a realizar el mismo procedimiento mencionado anteriormente pero ahora con la segunda arma de tiro deportivo y los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 5

<b>Numero de práctica:</b> 1	<b>Fecha y Hora:</b> viernes 13 de noviembre 2020. 10:00 am
<b>Distancia del disparo:</b> 50 centímetros	
<b>Arma:</b> Rifle de perdigones Marca Mendoza, calibre 4.5 mm/.177"	
<b>Velocidad del cronógrafo:</b> 287.6 m/s	
<b>Tipo de material:</b> Grenetina a 180 blooms.	
<b>Trayecto:</b> 10 centímetros. (profundidad, amplitud, tridimensional)	
<b>Diámetro del orificio:</b> 1x1.2 cm.	

Fuente. Elaboración Reséndiz Morán Luis Daniel

#### ***4.2 Prueba 2. Disparo en gelatina (gelatina/grenetina) en laboratorio de criminalística***

Se procede a quitar la muestra número 1 de gelatina, para colocar sobre la misma mesa en la misma posición y ubicación que la gelatina anterior, la nueva muestra de gelatina elaborada a base de polvo para gelatina cristal y grenetina a 180 blooms. Se emplea el mismo procedimiento de disparo, abasteciendo el rifle de aire comprimido con su respectivo diábolo y munición y preparando el cronógrafo, para que éste efectúe la medición correspondiente a la velocidad. Se realiza el disparo y los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 6

<b>Numero de práctica:</b> 1	<b>Fecha y Hora:</b> viernes 13 de noviembre 2020. 10:00 am
<b>Distancia del disparo:</b> 50 centímetros	
<b>Arma:</b> Pistola de perdigones, marca Mendoza mod. k-62-3. Calibre 4.5 mm/.177".	
<b>Velocidad del cronógrafo:</b> 146 m/s	
<b>Tipo de material:</b> Gelatina/ Grenetina	
<b>Trayecto:</b> No aplica.	
<b>Diámetro del orificio:</b> 1x.8 centímetro.	

Fuente. Elaboración León Granados Ana Laura.

Se realiza el mismo procedimiento mencionado, pero con la segunda arma de aire comprimido, realizando el disparo a la misma muestra anterior. Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 7

<b>Numero de práctica:</b> 1	<b>Fecha y Hora:</b> viernes 13 de noviembre 2020. 10:00 am
<b>Distancia del disparo:</b> 50 centímetros	
<b>Arma:</b> Rifle de perdigones Marca Mendoza, calibre 4.5 mm/.177"	
<b>Velocidad del cronógrafo:</b> 246.9 m/s	
<b>Tipo de material:</b> Gelatina/ Grenetina	
<b>Trayecto:</b> 16 centímetros.	
<b>Diámetro del orificio:</b> 1.3x1.2 centímetros.	

Fuente. Elaboración Reséndiz Morán Luis Daniel.

#### ***4.3 Prueba 3. Disparo en gelatina (gelatina pura cristal) en laboratorio de criminalística***

Se procede a quitar la muestra número 2 de gelatina (gelatina/grenetina), para colocar sobre la misma mesa en la misma posición y ubicación que la gelatina



anterior, la nueva muestra de gelatina elaborada a base solo de polvo para gelatina cristal. Se emplea el mismo procedimiento de disparo, abasteciendo el rifle de aire comprimido con su respectivo diábolo y munición y preparando el cronógrafo, para que éste efectúe la medición correspondiente. Se realiza el disparo y los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 8

<b>Numero de práctica:</b> 1	<b>Fecha y Hora:</b> viernes 13 de noviembre 2020. 10:00 am
<b>Distancia del disparo:</b> 50 centímetros	
<b>Arma:</b> Pistola de perdigones, marca Mendoza mod. k-62-3. Calibre 4.5 mm/.177".	
<b>Velocidad del cronógrafo:</b> 309 M/S	
<b>Tipo de material:</b> Gelatina	
<b>Trayecto:</b> No aplica.	
<b>Diámetro del orificio:</b> No aplica.	

Fuente. Elaboración León Granados Ana Laura.

#### 4.4 Descripción de la práctica.

##### 4.4.1 Preparación del personal.

- 1) Colocar equipo de bioseguridad.
  - 1.1 Bata o mono de trabajo.
  - 1.2 Gafas de seguridad.
  - 1.3 Calzado de laboratorio.
  - 1.4 Tapones auditivos.
- 2) Cabello recogido.
- 3) Evitar el uso de accesorios como anillos, pulseras, reloj. Etc.

#### **4.4.2 Materiales para la práctica.**

- 1) Gelatina de uso en balística de efectos.
- 2) Arma de fuego.
- 3) Munición.
- 4) Cronógrafo.
- 5) Flexómetro.
- 6) Cámara fotográfica.
- 7) Superficie plana.
- 8) Testigos métricos.
- 9) Linterna.
- 10) Tela.

#### **4.4.3 Ingredientes:**

- 1) Grenetina.
- 2) Gelatina sin sabor ni color.
- 3) Glicerina.
- 4) Jeringa.
- 5) Aceite en spray vegetal.
- 6) Molde.
- 7) Agua.
- 8) Recipiente para calentar líquidos.
- 9) Cuchara o paleta de cocina.

#### **4.4.4 Procedimiento para la realización de la gelatina de uso balístico:**

- 1) Poner 15 litros de agua a fuego alto hasta que se alcance su punto de ebullición.
- 2) Después de que agua haya alcanzado su punto de ebullición, poner en fuego bajo.
- 3) Vaciar por porciones la grenetina en el agua hirviendo y mezclar continuamente, procurando evitar grumos en la mezcla y que pueda quemarse.
- 4) Una vez disuelta la grenetina verter poco a poco la gelatina en el mismo recipiente.
- 5) Disueltos los dos primeros ingredientes retirar del fuego.
- 6) Continúa agregando 25 mililitros de glicerina al combinado por cada litro de agua.
- 7) Mover hasta que se obtenga una mezcla homogénea.
- 8) Engrasar con aceite en spray el molde hasta cubrirlo totalmente.
- 9) Moldear la mezcla y dejar reposar a temperatura ambiente.
- 10) Posteriormente ingresar la mezcla ya moldeada a refrigeración.
- 11) Dejar durante una noche enfriando.
- 12) Después, sustraer la gelatina del molde con cuidado, para evitar que se rompa o dañe.
- 13) Una vez realizado este procedimiento el material está listo para usarse.

#### **4.5 Práctica de disparo 02 de agosto 2021.**

El día 02 de agosto del 2021 a las 8:17 sé que acudió a las instalaciones del campo de tiro ubicado en Carretera Querétaro Tlacote S/N KM. 8.5 Tlacote El Bajo, 76230 Santiago de Querétaro, Qro.

Para la realización de pruebas al prototipo tridimensional de uso balístico defectos con el objetivo de comprobar que el simulador de tejido es adecuado y apto para pruebas con armas de alto calibre, y que de esta forma nos permita observar el orificio de entrada y salida, así como la trayectoria una vez que el proyectil de arma de fuego impacte en el simulador de tejido.

Siendo las 8:35 horas, se procedió al acomodo del material en la zona destinada del campo de tiro. Se colocó una tina de material plástico de color rojo, de forma redonda de aproximadamente 150 litros de capacidad boca abajo, que nos sirve de apoyo para la colocación de la gelatina balística la cual se desprende de un molde color gris, de material plástico sellado con cinta color negro por la parte de en medio para poder unir ambas partes del molde, en forma de torso de cuerpo humano, color amarillo, de aproximadamente 40 cm por 48 de altura.

Cabe mencionar que el modelo de gelatina de uso en balística de efectos número 1, fue trasladada del Municipio de San Juan del Rio, Qro. a la secretaria de seguridad pública municipal (SSPM) del municipio de Santiago de Querétaro, Qro. el día 02 de agosto del 2021 a las 18:00 horas, la cual se mantuvo en enfriamiento con el uso de 4 bolsas de hielo, debido a esto, la gelatina presenta características de derretimiento en la parte inferior del molde (torso), por lo que se recomienda mantener en refrigeración total.

Más adelante, se desprende modelo de gelatina de uso en balística de efectos número 2, de un recipiente de material plástico, de color rosa, forma redonda, de capacidad de 8 litros, la cual por las características físicas se utilizará para realizar las pruebas del arma file marca Panther. Dicho prototipo fue trasladado del Municipio de San Juan del Rio, Qro. a la secretaria de seguridad pública municipal (SSPM) del municipio de Santiago de Querétaro, Qro. el día 03 de agosto del 2021 a las 7:00 horas, el cual, si se mantuvo en refrigeración, el prototipo de gelatina, no presenta características de derretimiento en ninguna de sus partes.

Posteriormente se colocó el cronógrafo de medición balística, con ayuda de un flexómetro de 10 metros a unas distancias de 7 y 5 metros a nivel del suelo, y tomando como punto de referencia la orilla inferior derecha externa de la tina.

Del mismo modo se coloca un dispositivo móvil marca Sony Xperia A2 Ultra. Color gris. Con una cámara trasera de 23 megapíxeles f/2.3 lente gran angular f/2.0, vídeos 4K, enfocando al modelo de gelatina de uso en balística de efectos a una distancia de 160 metros.



**Fotografía Ana Laura León Granados.**

**Foto 1.** Presentación final del espacio adaptado a los requerimientos de la práctica por parte de la Secretaria de Seguridad Pública.

En la realización de estas pruebas se van a disparar tres tipos de armas de fuego:

1. Pistola, Pietro Beretta modelo PX4 Storm, fabricación italiana semiautomática, de calibre 9 mm Luger (9x19mm), acción doble.
2. Rifle, marca Colt, modelo AR-15, fabricante norteamericana, semiautomática de calibre 223 REM (5.56x45mm) de acción simple y retroceso de gas.
3. Rifle, marca Panther ARMS (DPMS), modelo LR-308 Panther, fabricación norteamericana, semi automática, acción simple, calibre 308 WIN.

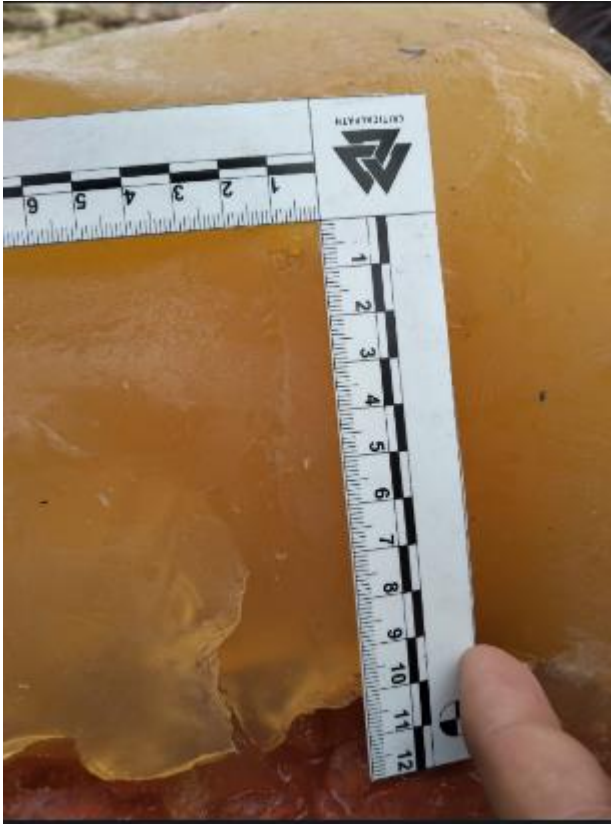
La distancia a la que se realizaron los disparos se determinó a través de un análisis en la que se tomaron en cuenta tres factores.

1. Densidad del modelo de gelatina balística.
2. Características del prototipo gelatina balística.
3. Calibre y tipo de arma de la cual se ve efectuar el disparo, tipo de cartuchos, bala (peso, diseño, constitución), cantidad de pólvora.

Se procede al primer disparo del arma Pietro Beretta del día 03 de agosto del 2021 a las 8:50 horas, a una distancia de 7 metros de distancia.

Los resultados que se obtienen como resultado del impacto por proyectil de arma de fuego, número 1 son los siguientes:

1. Fueron favorables ya que se puede observar con claridad el orificio de entrada y el orificio de salida, así como su trayectoria por el paso del modelo de gelatina.
2. El modelo presenta daños ocasionados por el agente vulnerante mecánico contundente (proyectil) disparado por el arma de fuego, y la correspondencia de características al calibre utilizado, de igual modo se observa pólvora alrededor del orificio.
3. Se observa poco ahumamiento alrededor del orificio de entrada.
4. Velocidad registrada en el cronógrafo de medición balística (distancia del cronógrafo): 550 m/s.
5. Se observa la lesión a consecuencia del impacto por el agente vulnerante mecánico contundente.
6. Presenta daños alrededor del orificio de entrada.



**Fotografía Ana Laura León Granados.**

**Foto 2.** Presentación del resultado del primer disparo por arma de fuego en la gelatina balística.

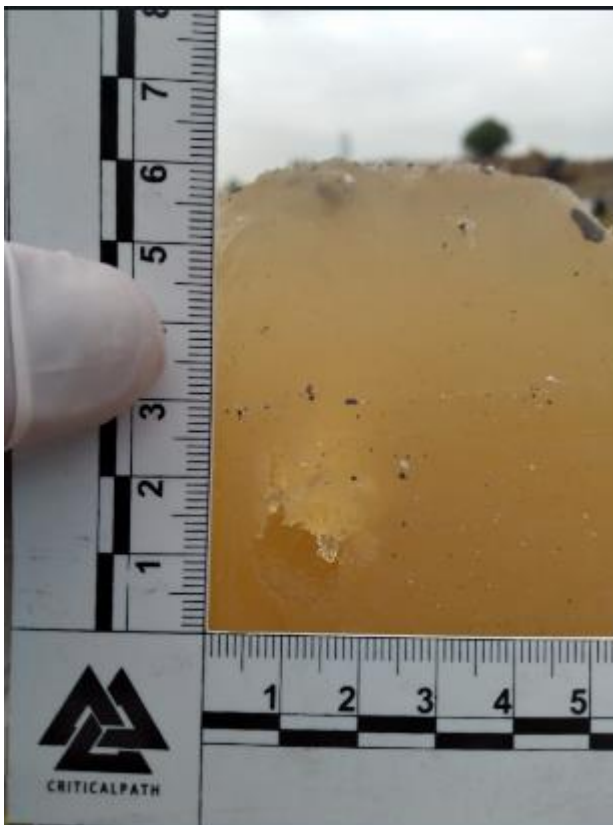
Seguidamente se realiza el segundo disparo del proyectil de arma de fuego Pietro Beretta a las 8:55 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 5 metros.

Los resultados que se obtienen como resultado del impacto por proyectil de arma de fuego, número 2 son los siguientes:

1. Fueron favorables ya que se puede observar con claridad el orificio de entrada y el orificio de salida, así como su trayecto por el modelo de gelatina balística.



2. El modelo de gelatina presenta daños del agente vulnerante mecánico contundente accionado por el arma de fuego, y la correspondencia de características al calibre utilizado de igual modo se observa restos de algún compuesto derivado del proyectil, alrededor del orificio.
3. El modelo de gelatina, no presenta daños mayores a los ocasionados por el proyectil.
4. No presenta ahumamiento visible.
5. Velocidad registrada en el cronógrafo de medición balística: 350 m/s.
6. Se observa el orificio de entrada a consecuencia del impacto por el agente vulnerante mecánico contundente (proyectil).
7. Presenta daños alrededor del orificio de entrada

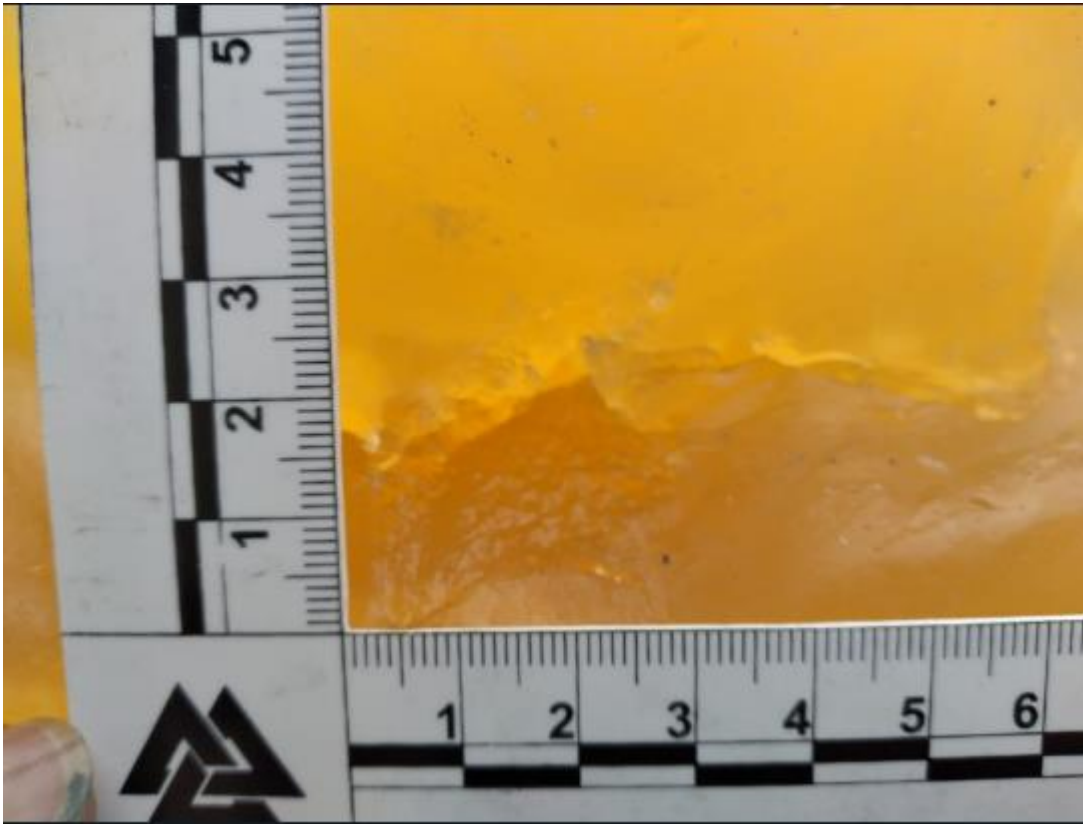


**Fotografía. Ana Laura León Granados.**

**Foto 3.** Impacto de proyectil de arma de fuego.

Con posterioridad se realiza el tercer disparo del proyectil con el arma de fuego rifle de asalto a las 9:01 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 7 metros.

1. El tercer impacto es más fuerte sobre la gelatina balística y presenta más daños.
2. El orificio de entrada es difícil de observar, por las características de la gelatina que en el momento de efectuar el tercer disparo ya se encuentra dañada por las anteriores proyecciones y condiciones climáticas a las que se presentó la gelatina, ya antes mencionadas.
3. Se presentan proyecciones del modelo de gelatina, al primer impacto del agente vulnerante mecánico contundente, sobre la superficie sustentadora, y en el suelo.
4. Se observa zona de ahumamiento en el simulador de tejido.
5. Velocidad no es registrada por el cronógrafo de medición balística.
6. Es difícil observar el orificio de entrada, a consecuencia del impacto por el proyectil.
7. Se presenta daño colateral mayor al de los tres disparos efectuados con las armas anteriores.



**Fotografía. Ana Laura León Granados.**

**Foto 4.** Resultado del tercer impacto de arma de fuego en la gelatina balística

Luego, se realiza el cuarto disparo del proyectil con el arma de fuego rifle de asalto a las 9:12 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 5 metros.

1. Fragmentos de la gelatina balística, sale proyectada a metros del lugar de colocación.
2. Se presentan daños considerables de la gelatina, lo cual no nos permite identificar los orificios de entrada y salida del proyectil.
3. El ahumamiento ya no es visible entre los orificios de entrada.
4. Velocidad no es registrada por el cronógrafo de medición balística.

5. Es difícil distinguir el orificio de entrada a consecuencia del impacto por el proyectil.
6. Presenta fracturas radiales.



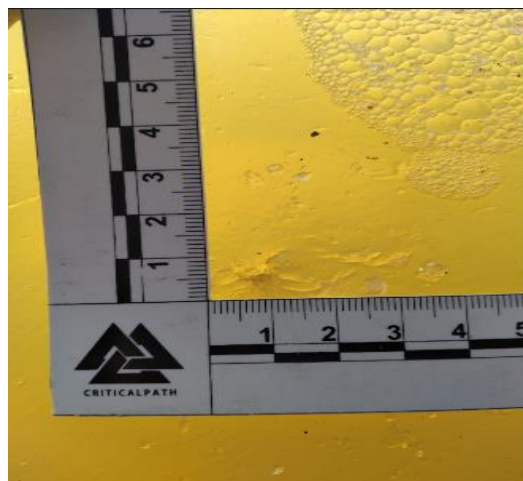
**Fotografía. Ana Laura León Granados.**

**Foto 5.** El prototipo de gelatina balística presenta daños mayores a las anteriores proyecciones.

De acuerdo a la característica redonda que presenta la segunda gelatina balística a las 9:22 horas, se procede a cortar de forma casquete, de tal manera que nos permita colocarla verticalmente sobre la superficie sustentadora.

Subsiguientemente, se realiza el quinto disparo del proyectil con el arma de fuego rifle phanter arms (DPMS) a las 9:26 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 7 metros. En la que pudimos observar lo siguiente.

1. Se observa el orificio de entrada, el cual presenta ahumamiento.
2. La trayectoria es más visible que en el modelo de gelatina balística número 1.
3. Ambos orificios de entrada y salida presentan una coloración negra.
4. La velocidad no es registrada por el cronógrafo de medición balística.
5. Al momento del impacto, el modelo 2 de gelatina balística es ligeramente empujado hacia atrás.
6. Se observa el orificio de entrada a consecuencia del impacto por el proyectil.
7. Presenta daños alrededor del orificio de entrada.



**Fotografía. Ana Laura León Granados.**

**Foto 6.** Resultados obtenidos en el segundo modelo de gelatina balística por proyectil de arma de fuego.

Enseguida, se realiza el quinto disparo del proyectil con el arma de fuego rifle phanter a las 9:29 horas, del día 03 de agosto del 2021 a una distancia de 5 metros.

En la que pudimos observar lo siguiente.

1. Se observa el orificio de entrada, el cual presenta ahumamiento.
2. La trayectoria es más visible que en el modelo de gelatina balística número.
3. Ambos orificios de entrada y salida presentan una coloración negra.
4. La velocidad no es registrada por el cronógrafo de medición balística.
5. Al momento del impacto el modelo de gelatina es ligeramente empujado hacia atrás.
6. Se observa el orificio de entrada a consecuencia del impacto por el proyectil.
7. Presenta daños alrededor del orificio de entrada.



**Fotografía. Ana Laura León Granados.**

**Foto 7.** Resultados obtenidos en el segundo prototipo de gelatina balística impactada por segunda ocasión.

Después de haber realizado las prácticas experimentales con las diferentes muestras de gelatina de uso en balística de efectos y dado los resultados anteriores se da pie a la validación del modelo, a partir de los conocimientos obtenidos en el área de balística, impartida en 7mo semestre del plan curricular cri13 de la Universidad Autónoma de Querétaro para la licenciatura en criminología, en el que se crea un modelo con el que los estudiantes de la licenciatura podrán trabajar y realizar las prácticas correspondientes respecto a este proyecto, que les permitan conocer cuáles son los efectos de cavidad temporal, cavidad permanente (profundidad y amplitud) y trauma producido, así como el grado de afectación que producen los proyectiles por arma de fuego en los materiales que simulan el tejido

de seres vivos; de esta manera relacionar la parte teórica y práctica de otras materias, tales como, medicina forense y anatomía topográfica.

Dicho modelo ha de compararse y validarse con los otros ensayos similares en literatura científica, así como procedimientos científicos y profesionales en la materia.

A partir de la validación y conociendo la densidad de la gelatina de uso en balística de efectos, se acudió a la Secretaria de Seguridad Ciudadana (SSC) específicamente a su campo de tiro, en donde se realizaron las prácticas descritas anteriormente con sus respectivos resultados respecto a la utilización de los modelos de gelatina balística, elaborados con tal finalidad y utilizando armas de fuego que son utilizadas por personal de Secretaria. Registrando los resultados obtenidos en los materiales.

Para concretar la fase experimental del presente proyecto se determinan algunas de las ventajas y desventajas de la utilización de la gelatina de uso en balística de efectos, son los siguientes:

Ventajas de la gelatina:

- Su densidad se aproxima a la de los tejidos blandos verdaderos (específicamente músculo).
- Es semitransparente y permite utilizar las técnicas de fotografía forense para su respectiva documentación.
- Es económica comparada con modelos de gelatina balística comercializados en plataformas de venta a través de internet.



Desventajas de la gelatina:

- La cavidad temporal colapsa, lo que impide medir fácilmente el depósito de energía a lo largo del trayecto de la herida.
- Tiempo de almacenamiento limitado (en refrigeración). (CICR, 2015, s. p.)

## **Conclusión.**

El modelo final de la gelatina de uso en balística de efectos creado en este proyecto permite identificar un determinado tipo de agente vulnerante mecánico contundente (específicamente, un proyectil), tomado en cuenta el análisis y documentación de las variables que se utilizaron durante las prácticas, tales como, las mediciones de los orificios de entrada, la velocidad captada por el cronógrafo, la distancia a la que se efectuó el disparo y principalmente, la densidad del modelo final de gelatina balística comparado a la densidad real del tejido blando (específicamente músculo).

Con los resultados expuestos en la presente investigación de tipo experimental, observamos que existe una relación entre la balística forense, criminalística, medicina forense y fotografía forense de aquí radica la importancia que tiene la investigación. Así, hemos podido constatar que los modelos elaborados sí son materiales simuladores de tejido blando (específicamente, músculo y piel). Los cuales, permiten la observación de las características particulares de los agentes vulnerantes mecánicos contundentes en este caso los proyectiles de arma de fuego que dejan sobre el modelo de gelatina balística y que permitan la identificación, análisis y documentación de sus efectos, para fines académico forenses.

Es conveniente tener un conocimiento previo sobre la balística de efectos, que nos hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico, ya que una de las fallas más comunes en este tipo de

investigaciones es la ausencia de la delimitación del tema, así como el uso inadecuado de los términos que se utilizan.

Como parte del proceso de aprendizaje, se han obtenido resultados que permitirán a la comunidad estudiantil de la licenciatura en criminología de la Universidad Autónoma de Querétaro, realizar prácticas en sus respectivas clases con temas relacionados al presente proyecto, e incluso experimentar la creación de su propio modelo de gelatina balística tal y como se desarrolló en éste. También se han conseguido las capacidades de búsqueda y estudio de otros proyectos científicos de valor e importancia, para incorporar líneas de conocimiento, que permitan a los estudiantes, extraer datos y conocimientos que ayuden a la realización de las tareas/proyectos y el reforzamiento de sus conocimientos.

Es importante mencionar que la investigación realizada y todos los recursos utilizados, requirieron de un buen análisis y sistematización, así como de herramientas que permitieron aumentar los resultados que dieron sustento a todas las necesidades del proyecto, tanto en cálculos, como al momento de la elaboración del modelo de gelatina de uso en balística de efectos.

La importancia y el análisis de la balística forense como rama de la criminalística, específicamente de la balística de efectos, permitió, no solo conocer e identificar la trayectoria del proyectil y el trayecto dentro del tejido humano, sino también precisar la consecuencia que produce el agente vulnerante mecánico contundente al penetrar o perforar la anatomía humana, en los simuladores tales como los modelos de gelatina balística. Las heridas provocadas por un proyectil de arma de fuego son penetrantes o en su caso perforantes. Cabe mencionar que las heridas penetrantes

son aquellas que suceden cuando un proyectil entra en un objeto y este no sale; en las heridas perforantes, el proyectil pasa completamente a través del objeto.

Al poder distinguir los mecanismos de lesión se hizo evidente que la energía que se transmite desde el momento en el que el proyectil de arma de fuego es expulsado del cañón hasta impactar el simulador de tejido, la energía transferida determina el potencial de un proyectil para la ruptura del tejido, demostrando así, que el proyectil es capaz de impulsar hacia fuera el tejido que rodea la parte afectada lo cual produce la cavidad temporal, más grande que el diámetro del proyectil. La elasticidad del tejido causa que la cavidad se colapse inmediatamente, de ahí el nombre de cavidad temporal.

La relación con las diversas áreas forenses, nos permiten sustentar cómo es la producción de una herida provocada por un agente vulnerante mecánico contundente accionado por arma de fuego, además el mecanismo de lesión que se produce, cómo el proyectil perforó o penetró el tejido humano, sustentándolo en traumatología debido a las características que dejan las balas cuando estas toman una posición.

Los residuos producidos por disparo de arma de fuego encontrado en personas, que a través de pruebas como la de Harrison, espectroscopia y barrido electrónico son aplicables en el ámbito forense.

La importancia de este proyecto de investigación permite abrir nuevas líneas de investigación y de adquisición del conocimiento, que incursionan principalmente en el campo de las ciencias forenses, específicamente relacionadas al área de la balística externa y balística de efectos que resulten importantes para el beneficio de

los estudiantes, de esta forma los conocimientos teóricos podrán ser reforzados con conocimientos de otras áreas, así como en prácticas.

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN**

Dado lo anterior, se desarrolló un modelo de gelatina en balística de efectos, a razón de que,

de acuerdo con el Comité Internacional de Cruz Roja el jabón de glicerina y la gelatina al 10% o al 20% son los materiales comúnmente usados en numerosos laboratorios de balística de las heridas para simular los tejidos blandos, ya que tienen la misma densidad que éstos. Pero son diferentes en cuanto a la elasticidad y la transparencia. El ancho de la cavidad en cualquier punto del trayecto corresponde a la energía depositada en ese punto por el mismo proyectil (CICR, 2008, p. 13).

A mediados de 1970, para estudiar la deformación de armaduras y protecciones,

Se utilizaba la gelatina formulada al 20% como material principal. La gelatina balística requería el uso de una cámara de alta velocidad para grabar la deformación porque el medio era elástico y volvía a su forma original después del impacto del proyectil. (Pelayo, 2014, s/p)

Con lo que se permitía una apreciación más sensata y verídica al momento de realizar las mediciones pertinentes para determinar velocidades y grados de afectación.

Por consiguiente “La gelatina, rebajada al 10% y alcanzando y manteniendo 4°C de temperatura, proporciona una textura muy similar a la de un cuerpo humano vivo.” (Pérez, s. f., p. 18).

Otro estudio combina la gelatina con otros materiales. En todos los modelos para la parte PAL se utilizó gelatina balística al 20% (250 Type A Gelatinaita USA). Para las capas LAL se evaluaron diferentes materiales que incluían 5 tipos de espumas, cuero, vinilo, y gamuza natural combinando una o dos capas. Los resultados dejaron ver que el modelo que mejor reproducía los resultados anteriormente obtenidos con cadáveres humanos, era el compuesto por un LAL de gamuza natural y espuma combinado con un PAL de gelatina 20%. “Este simulador predijo que con una densidad de velocidad de 23,88 J/cm<sup>2</sup> había un riesgo de penetración del 50%” (*Ibídem*).

De acuerdo a todo el proceso de investigación y la metodología aplicada para desarrollar el presente proyecto, se llega a la determinación de que el prototipo tridimensional de gelatina de uso en balística de efectos, es una herramienta simuladora de tejido humano que facilita y permite la obtención del conocimiento sobre el grado de afectación que ocasionan los proyectiles de arma de fuego. Esto a su vez, es identificado por patrones que señalan la velocidad a la que el proyectil se desplaza durante su trayectoria, con la ayuda de un *cronógrafo balístico*, cuyo dispositivo arroja el cálculo de la velocidad a la que el proyectil se desplaza hasta antes de impactar en el blanco (que es la muestra de gelatina).

Para efectos de futuras investigaciones sobre el diseño y elaboración de prototipos simuladores de tejido que permitan conocer lo que en un principio se planteó en esta investigación, es recomendable tener en cuenta no solo el tipo de material que se debe emplear para la elaboración de las diferentes muestras de gelatina, sino también la densidad a la que debe de estar las muestras de gelatina, en el momento

de realizar las prácticas experimentales de tiro, considerando la temperatura ambiente a la que se encuentra y sabiendo que ésta varía de acuerdo a la región o zona geográfica, No obstante, al ser un modelo elaborado a base de agua e ingrediente orgánicos que permiten a su vez, mantener la solidificación de éstos, es un modelo que debe tener un cuidado esencial y adecuado para su utilización. Reiterando que la densidad debe ser igual o similar a la densidad del tejido humano real promedio.

Al haber obtenido los resultados anteriormente expuestos, es importante mencionar, que aún es limitable generalizar el uso y la aplicación del procedimiento de elaboración de los modelos, así como el darle continuidad al uso del cronógrafo balístico, esto debido a que, se requiere de la realización de más sesiones de prácticas, que nos proporcionen resultados con los cuales se pueda obtener un registro más sofisticado y que permita su generalización. De esta manera, será posible cumplir con uno de los objetivos específicos de este proyecto, que se basa principalmente en que estudiantes de las futuras generaciones de la licenciatura en criminología de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), empleen este tipo de prácticas como parte de su formación en la línea terminal de ciencias forenses.

El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá tanto a la comunidad en general como científica, con interés por la balística y sus diferentes variantes, entender que, al utilizar un arma de fuego en contra de una persona, se genera un daño físico, y que es importante medir, incluso para efectos del proceso de investigación legal y penal, para determinar el grado de afectación e incluso determinar el grado al que se tiene que llegar con la reparación de daños. Siendo



una investigación de tipo experimental el daño generado por un proyectil de arma de fuego será medible solo a partir de un simulador de tejido, que es el modelo ya elaborado de gelatina de uso en balística de efectos.



## ANEXOS

### Anexo 1 Oficio dirigido a SSPM para práctica de Tiro

Santiago de Querétaro, Querétaro, México, a 14 de junio de 2021

**Mtro. Ernesto Castrejón Espino**

Director del Instituto del Servicio

Profesional de Carrera de la SSPM

Asunto: Realización de práctica de tiro a prototipo de gelatina balística.

Quienes suscriben, por medio de la presente, hacemos de su conocimiento, que como parte de las actividades que se tienen programadas en nuestro proyecto de tesis, titulado *“Prototipo tridimensional: gelatina y jabón de uso en balística de efectos”*, a cargo del Dr. Juan Alberto Hernández Pichardo, y que se desarrolla por parte de sus servidores, alumnos egresados de la Licenciatura en Criminología de la línea terminal de Ciencias Forenses por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro, hemos considerado solicitarle su apoyo y autorización para realizar una práctica de tiro utilizando como blanco nuestro prototipo de gelatina balística, esto con el objetivo principal de medir el grado de afectación que generan los proyectiles de arma de fuego en dicho prototipo, que a su vez es considerado un simulador de tejido. Los resultados arrojados, serán integrados al documento de tesis, en el que también sería un honor, integrar los créditos y participación de la Secretaría de Seguridad Pública Municipal de Querétaro, como reconocimiento a la contribución en el desarrollo de nuevos conocimientos a la comunidad universitaria.

Sin más por el momento, agradecemos la atención, esperando una respuesta favorable a nuestra solicitud.

Atentamente:

León Granados Ana Laura | Luis  
Daniel Reséndiz Morán 4271661156 |  
4272794541

---

**Foto 1.** Presentación de todos los materiales a utilizar en las diferentes prácticas.



**Fotografía Luis Daniel Reséndiz Morán.**

**Foto 2.** Adaptación del espacio para realización de práctica.



**Fotografía Luis Daniel Reséndiz Morán.**

**Foto 3.** Colocación de Cronógrafo Balístico.



**Fotografía Juan Alberto Pichardo Hernández.**

**Foto 4.** Presentación final del espacio adaptado a los requerimientos de la práctica.



**Fotografía Ana Laura León Granados.**

**Foto 5.** Medición de la trayectoria del proyectil (50cm) del blanco y realización del disparo con rifle de tiro deportivo.



**Fotografía Juan Alberto Pichardo Hernández.**

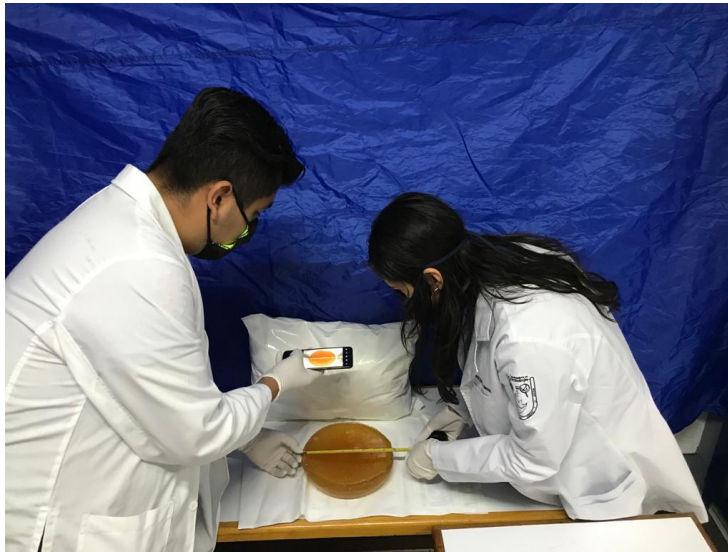
**Foto 6.** Medición de la trayectoria del proyectil (50cm) del blanco y realización del disparo con derringer.



**Fotografía Juan Alberto Pichardo Hernández.**



**Foto 7.** Documentación a través de cámara digital de teléfono celular, sobre los resultados obtenidos en la muestra de gelatina después de haber efectuado el disparo.



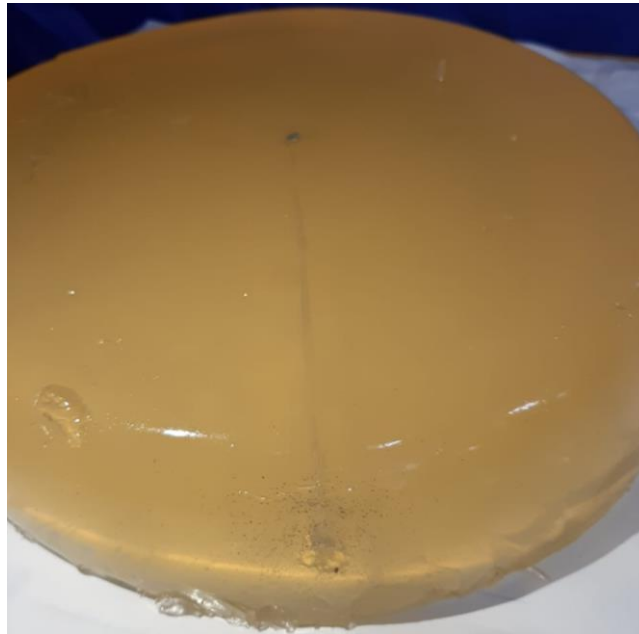
**Fotografía Juan Alberto Pichardo Hernández.**

**Foto 8.** Documentación por fotografía de la ubicación del proyectil dentro de la muestra de gelatina (grenetina).



**Fotografía Juan Alberto Pichardo Hernández.**

**Foto 9.** Acercamiento al trayecto recorrido por el proyectil y a los restos de pólvora ubicados alrededor del orificio de entrada de la muestra de gelatina.



**Fotografía Ana Laura León Granados.**

**Foto 10.** Registro con testigo métrico de la medida del proyectil ubicado dentro de la muestra de gelatina.



**Fotografía Ana Laura León Granados.**

## Bibliografía

Acero J. (2013) Conceptualización y Ámbito de la Biomecánica. Documento en progreso. Instituto de Investigaciones & Soluciones Biomecánicas, Cali. Colombia.

<https://g-se.com/densidad-corporal-promedio-bp-y57cfb26e5a392>

Aenlle, P. (s. f.). Con almidón duele menos. *El Rincón de la Ciencia*. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid2/rc-119/Con%20almidon%20duele%20menos%20.pdf>

Alberto Basilio, e. a. (2014-2016). Trauma un problema de salud en México. *CONACYT*, 146.

Andrew. (21 de Agosto de 2017). Cómo interpretar adecuadamente los resultados de la prueba de gel balístico. *lexipol*. doi:<https://www.policeone.com/police-products/firearms/accessories/ammunition/articles/how-to-properly-interpret-ballistic-gel-test-results-GcnHMq6WMU8EUdIW/>

Ángel Porfirio Cervantes Pérez y José Octavio Ruiz Speare. (S. f.). LESIONES POR VIOLENCIA EXTREMA. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de <http://cvoed.imss.gob.mx/COED/home/normativos/DPM/archivos/coleccionmedicinadeexcelencia/27%20Lesiones%20por%20violencia%20extrema-Interiores.pdf>

Arcaute, F. (2001). Ballistics: Ballistics of effects or ballistics of wounds. *Cirujano General*, 267.

Barnes FC. (1980). Cartridges of the World. *Northfield, IL, DBI*.



Burgos, A. (2010). La Criminalística y su importancia en el campo forense. *Revista Digital de la maestría en ciencias penales de la Universidad de Costa Rica*, 250.

Carrillo, J. (s. f.). Efecto de una matriz termoplástica en la absorción de energía a impacto de un textil de aramida. *ResearchGate*. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/269995049\\_Efecto\\_de\\_una\\_matriz\\_termoplastica\\_en\\_la\\_absorcion\\_de\\_energia\\_a\\_impacto\\_de\\_un\\_textil\\_de\\_aramida](https://www.researchgate.net/publication/269995049_Efecto_de_una_matriz_termoplastica_en_la_absorcion_de_energia_a_impacto_de_un_textil_de_aramida)

Casadomé, Pedro Solís, et. al. (2019). *ARMAS DE FUEGO Y CIENCIAS FORENSES*. España: Asociación Galega de Médicos Forenses. Obtenido de <http://www.aeaof.com/media/document/CIENCIAS%20FORENSES%20Y%20ARMAS%20DE%20FUEGO.pdf>

Chaparro, E. (s. f.). Traumas y Accidentes. *bdigital.unal.edu.*, 1.

Cibrián Vidrio Octavio. (2006). *Balística técnica y forense*. México: 2ª ed. Editorial La Rocca.

CICR. (Noviembre de 2008). Balística de las Heridas. *Cómite Internacional de Cruz Roja*, 13. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://estudiocriminal.eu/wp-content/uploads/2017/03/Balistica-de-las-Heridas.pdf>

CICR. (2015). *Balística de las Heridas*. Ginebra, Suiza: Referencia.

Di Maio citado en Vanzetti. (s. f.). La importancia del factor velocidad en las heridas por proyectiles de armas de fuego portátiles. *IntraMed Jorunal*, 2, 10.

Diana Alejandra Mejía Verdial, e. A. (2016). HISTOLOGÍA: DESDE SU ORIGEN HASTA LA ACTUALIDAD. 60-63. Recuperado el 20 de mayo de 2022

Escobar, V. (Septiembre de 2016). Visión Criminológica-Criminalística. (M. M. Ángeles, Ed.) *Mujer Delincuente*, 70.

Feliciano DV . (1996). Patterns of injury. In: Feliciano DV, Moore EE,. . *Stanford: Appleton & Lange*, 85-103.

Fernández. (1971). *Naturaleza y mecanismo de las heridas de bala*.

Figueroa, T. (2001). Balística: Balística de efectos o balística. *Cirujano General*.

García, J. L. (s. f.). La Criminalística, Concepto, Objeto, Método y Fin. 15.

Guerrero, M. (2001). Balística de Heridas. *Cirujano General*.

Guillén. (Enero de 2017). *DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL*.

Recuperado el 22 de marzo de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/80748753.pdf>

Heick, T. (12 de Octubre de 2013). *Alternatives to Bloom's Taxonomy for Teachers*.

Obtenido de <http://www.teachthought.com/learning/5alternatives-to-blooms-taxonomy/>

Iglesias, A. P. (8 de agosto de 2015). *Estudios sobre la Balística de Efectos (2º parte)*.

Recuperado el 22 de marzo de 2020, de fullaventura:

[http://www.fullaventura.com/municiones/estudios-sobre-la-balistica-de-efectos-2-parte\\_0\\_737.php](http://www.fullaventura.com/municiones/estudios-sobre-la-balistica-de-efectos-2-parte_0_737.php)

Itziar, C. (8 de Julio de 2015). CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAL ANTIDISTURBIOS. 40. Vasco: Departamento de Seguridad - Gobierno Vasco. Recuperado el 22 de marzo de 2020, de [http://www.legebiltzarra.eus/ic2/restAPI/pvgune\\_descargar/default/9e4c697c-5ade-4c64-bd39-a499cd3d898e](http://www.legebiltzarra.eus/ic2/restAPI/pvgune_descargar/default/9e4c697c-5ade-4c64-bd39-a499cd3d898e)

Keith L. Moore, e. A. (2013). Anatomía con orientación clínica. 51.

Magaña Sánchez, I. J., Torres Salazar, J. J., García Núñez, L. M., & Núñez Cantú, O. (2010). Conceptos básicos de balística para el Cirujano General y.

Marzano, R. &. (2007). *The New Taxonomy of Educational*. Obtenido de <http://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=kg108NbATFMC&oi=fnd&pg=PR11&dq=marzano+s+taxonomy&ots=XqCnWIEOB3&sig=Tw4CX8EPNtUCADJ-rUrJ9e7dZq8#v=onepage&q=marzano%20s%20taxonomy&f=false>

Morena. (2015). Caracterización del impacto, penetración y perforación de un proyectil multi-rol. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de [https://www.defensa.gob.es/portaldecultura/Galerias/actividades/fichero/2015/Agosto/2015\\_TrabPreDef\\_Mod\\_Investigacion.pdf](https://www.defensa.gob.es/portaldecultura/Galerias/actividades/fichero/2015/Agosto/2015_TrabPreDef_Mod_Investigacion.pdf)

Osorio, L. (2005). Glosario. *Balística Forense*, 23-24.

Pedro Solís Casadomé, et all. (2019). ARMAS DE FUEGO Y CIENCIAS FORENSES. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de

<http://www.aeaof.com/media/document/CIENCIAS%20FORENSES%20Y%20ARMAS%20DE%20FUEGO.pdf>

Pelayo, A. (2014). CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAL ANTIDISTURBIOS. *TECNALIA*, 37.

Pérez Vera Enesto. (s. f.). Caso Práctico. 15-23. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <file:///C:/Users/danie/Downloads/Dialnet-LaMunicionDeArmaCortaMasHabitualEnEIUsoPolicial-4111910.pdf>

Riveros, S. (2018). Desarrollo de un modelo anatómico en gel balístico para la práctica ecográfica. 6. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/10182/T636.08967%20R621.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruíz, W. d. (2011). *Criminalística Investigación Científica probatoria*. s. p.

Ryckman, et. al. (2016). *Ballistic Penetration of Perma-Gel*. California, Estados Unidos. Obtenido de <https://web.stanford.edu/group/lavxm/publications/other-articles/RyPoLe12.pdf>

S. A. (s. f.). *mdp*. Obtenido de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/mediciones/apuntes/Radarppt.pdf>

Sánchez, I. (2010). Conceptos básicos de balística para el Cirujano General y su aplicación en la evaluación del trauma abdominal. *SciELO*. Recuperado el 9 de Mayo de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-00992011000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-00992011000100009)

Silvia. (1999). Mechanism of injury in gunshot wounds: myths and. *Crit Care Nurs Q*, 69-74.

UNIÓN, C. D. (1972). Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos. 2-3.

Vargas, E. (1999). Medicina Legal Unah. México: Trillas. Recuperado el 22 de 08 de 2020, de <https://medicinalegalunah.files.wordpress.com/2015/05/medicina-legal-eduardo-vargas-alvarado.pdf>