Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL

Berner Eduardo de León Guillén
Asesorado por el Ing. Carlos Enrique González Sicay

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BERNER EDUARDO DE LEÓN GUILLÉN
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE GONZÁLEZ SICAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 25 de febrero 2016.

Berner Eduardo de León Guillén

Guatemala, 26 de agosto de 2015

Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director deEscuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que he llevado a cabo la revisión final del trabajo de graduación titulado **"DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DEL PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL"** presentado por el estudiante **BERNER EDUARDO DE LEÓN GUILLÉN** con carné **200818969.**

El trabajo se ha desarrollado de acuerdo con el programa y objetivos iniciales planteados y considero que llena los requisitos para ser aprobado como trabajo de graduación.

Agradeciendo su atención muy atentamente.

Atentamente,

Carlos Enrique González Sicay
INGENIERO MECÁNICO
Colegiado No. 8,878
Carlos Enrique González Sicay
Ingeniero Mecánico
Colegiado 8878
ASESOR

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.255.2016

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL** desarrollado por el estudiante **Berner Eduardo de León Guillén, carné 200818969** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
Coordinador Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
COORDINADOR
AREA DISEÑO
USAC

Guatemala, septiembre de 2016

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniera
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.003.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Diseño del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL** del estudiante **Berner Eduardo de León Guillén,** carné **No. 200818969** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
DIRECCION ESCUELA
TEL.: 2418-9133
INGENIERIA MECANICA

Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, enero de 2017
/aej

Universidad de San Carlos
De Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.029.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL,** presentado por el estudiante universitario: **Berner Eduardo de León Guillén,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por las bendiciones en vida que permitieron que cumpliera con esta meta y ayudarme en las necesidades espirituales durante este período.
Mis padres	Berner de León y Karla Guillén por el amor incondicional, este éxito les pertenece.
Mis hermanos	José, Daniel y Juan Pablo de León, por ser parte de mi vida.
Mis abuelos	Por su cariño, consejos y amor al apoyarme en lo que pudieron.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Carlos González	Por su guía profesional y amistad durante el período laboral en el desarrollo de este proyecto.
Escuela de Ingeniería Mecánica	A los docentes por brindar con dedicación sus conocimientos para desarrollarme como profesional.
Mis amigos	Me brindaron su apoyo, amistad y confianza.
Ings. Roberto Guzmán y Byron Palacios	Por sus consejos, paciencia y amistad durante el desarrollo de mi área profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES III
GLOSARIO V
RESUMEN VII
OBJETIVOS IX
INTRODUCCIÓN XI

1. CONCEPTOS BÁSICOS 1
   1.1. Balística 1
   1.2. Tipos de balística 2
   1.3. Clasificación de las armas 3
   1.4. Calibres para armas de uso civil 10

2. BALÍSTICA INTERIOR 13
   2.1. Partes del arma 13
   2.2. Efectos dinámicos del proyectil 18
   2.3. Velocidades alcanzadas por proyectiles 18
   2.4. Lesiones identificativas para cotejo de proyectiles 21
   2.5. Estudios periciales con el análisis microscópico comparativo 24

3. EQUIPAMIENTO TÉCNICO UTILIZADO EN EL ESTUDIO PERICIAL DE LA BALÍSTICA INTERIOR 27
   3.1. Cámara de recuperación de proyectiles 27
   3.2. Microscopios de comparación forense 28
   3.3. Sistema Integrado de identificación balística 29

4. CÁMARA DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES 33
4.1. Objetivo principal de la cámara de recuperación de proyectiles 33
4.2. Estudio del material de frenado del proyectil dentro de la cámara 34
4.3. Estudio de la forma geométrica de la cámara de recuperación de proyectiles 36
4.4. Material externo utilizable para el diseño del proyecto 39
4.5. Elementos mecánicos utilizados para recuperación del proyectil 44
4.6. Materiales, insumos y metodología para el mantenimiento preventivo 46
4.7. Rango de calibres que soporta la cámara de recuperación de proyectiles 47
4.8. Instalaciones necesarias para utilizar una cámara de recuperación de proyectiles 49

5. MANUAL DE USUARIO DE LA CÁMARA DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES 51
5.1. Método de preparación y vertido del material de frenado 51
5.2. Equipo de protección personal 52
5.3. Técnicas de disparo en la cámara de recuperación de proyectiles 53
5.4. Recuperación del proyectil 56
5.5. Mantenimiento de la cámara 57

CONCLUSIONES 59
RECOMENDACIONES 61
BIBLIOGRAFÍA 63
APÉNDICES 65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Partes de un arma de fuego tipo carabina 14
2. Partes de un arma de fuego tipo escopeta..... 15
3. Partes de un arma de fuego tipo pistola..... 15
4. Partes de un arma de fuego tipo revólver 16
5. Partes de un arma de fuego tipo rifle 17
6. Partes de un arma de fuego tipo subametralladora 17
7. Ondas de las diferentes velocidades de proyectil. 20
8. Microscopio de comparación forense marca Leica 29
9. Comparación de dos casquillos usando la estación *Matchpoint* 32
10. Boceto de la cámara de recuperación de proyectiles proyectada dentro de sí misma..... 37
11. Rueda industrial de acero inoxidable con banda de goma de 3” de diámetro 37
12. Boceto de la forma de los pilares en forma separada 38
13. Boceto de la forma de los pilares anclados..... 39
14. Boceto de la cámara de recuperación de proyectiles..... 45
15. Bomba eléctrica que eleva el proyectil al filtro para recuperar el proyectil..... 46
16. Posición para accionar el arma de fuego 54

TABLAS

I. Calibres para armas de uso civil utilizadas en Guatemala.....11

II. Clasificación de calibres de armas de uso civil por tipo de velocidad...21

III. Distancia de frenado para calibres de armas de uso civil según material de frenado.....35

IV. Calibre, espesor y pesos de aceros a utlizar para material externo.....43

V. Lista de calibres para armas de uso civil utilizadas en Guatemala soportadas por la cámara de recuperación de proyectiles.....48

GLOSARIO

Alvéolo	Cavidad que se abre y cierra.
Avancarga	Arma de fuego que se carga por la boca del cañón.
Bajorrelieve	Marca sobresaliente.
Cerrojo	Mecanismo que cierra la recámara de algunas armas de fuego.
Correlación	Relación recíproca entre dos o más acciones.
Cotejo	Comparación y examen de dos muestras para apreciar sus semejanzas y diferencias.
Culata	Parte posterior de la caja de mecanismos de un arma de fuego larga.
Deflagración	Combustión súbita con llama de baja velocidad de propagación sin explosión.
Dubitados	Es una muestra que genera dudas sobre su autenticidad u origen.

Estriado	Marcas que deja un cañón de arma de fuego en el proyectil disparado.
Fulminante	Parte trasera de un cartucho para arma de fuego que genera chispa.
Helicoidal	Que tiene forma de hélice.
Hermética	Que cierra perfectamente de modo que no deja pasar el aire.
Ibis	Sistema integrado de identifiación balística.
Indubitados	Es una muestra que no genera dudas sobre su autenticidad u origen.
m/s	Metros por segundo.
Maleabilidad	Que puede ser moldeado con facilidad.
Ráfaga	Golpe de viento violento y de poca duración.
Tenacidad	Energía de deformacion que se acumula antes de alcanzar la rotura.
Vaina	Funda ajustada que protege algo.

RESUMEN

Esta investigación comienza con definir balística y por ello se entiende que es el estudio físico químico de todo lo relativo al movimiento de los proyectiles, dicho estudio nació de la inquietud de los primeros inventores de la pólvora por recuperar los elementos quemados o percutidos, posteriores a la combustión del explosivo, para su estudio y meticulosa clasificación.

En un principio las balas y casquillos testigos percutidos se recuperaban de pruebas de disparo, realizadas en campo abierto, en contra de un tiro al blanco el cual contaba con un montículo de tierra en su parte trasera, siendo éste un método para retener las balas. También es un problema en el tiempo de la recuperación de la muestra y la fricción que provoca la tierra a la bala rayando de más las características que se pretendía obtener del elemento balístico expulsado.

Con referencia a lo descrito anteriormente se tomó como desarrollo de este punto de trabajo de graduación el “Diseño propio de cámara móvil de recuperación de proyectiles para armas de uso civil” basándose en la necesidad de eliminar los rayados exteriores que sufren los elementos disparados, permitir más rápida la recuperación de los proyectiles, el estudio del elemento de fricción para detener los proyectiles sin que estos adquieran marcas externas, que no altere o dificulte su estudio, la capacidad de mantenimiento de la cámara, siendo estos tales como la resistencia de materiales para la construcción del elemento exterior de la cámara, utilizar conceptos como la densidad, trayectorias y velocidad de proyectiles, dibujo asistido por

computadora (dibujo técnico mecánico), diseño de elementos mecánicos para la extracción del proyectil (diseño de máquinas), otros.

Durante el estudio y el diseño a desarrollar se cumplirá con las expectativas de calidad, aplicando las medidas de seguridad, higiene y protección al operador, tomando en cuenta el diseño más eficiente acorde a las necesidades de dichos operarios que se dediquen a esta actividad en el país.

Las armas de uso civil fueron clasificadas en el Artículo 9 de la Ley de Armas y Municiones según decreto número 15-2009 de la República de Guatemala, la cual especifica lo siguiente "**Artículo 9.** Armas de fuego de uso civil. Para los efectos de la presente Ley, se consideran armas de fuego de uso civil los revólveres y pistolas semiautomáticas, de cualquier calibre, así como las escopetas de bombeo, semiautomáticas, de retrocarga y avancarga con cañónde hasta veinticuatro (24) pulgadas y rifles de acción mecánica o semiautomática."

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio técnico para el diseño funcional y efectivo de una cámara móvil de recuperación de proyectiles para armas de uso civil.

Específicos

1. Determinar cuáles son las lesiones dejadas en el cuerpo del proyectil disparado por un arma de fuego son utilizadas posteriormente para cotejar de forma microscópica con indicios recolectados en escenas de crimen.

2. Efectuar disparos de prueba, para determinar el material idóneo que permita realizar el frenado del proyectil con el menor daño posible, sin comprometer la funcionalidad de la estructura.

3. Delimitar las dimensiones y material externo de la cámara con base a las distancias recorridas por los proyectiles afectados por el material de frenado.

4. Diseñar los planos de la cámara de recuperación.

INTRODUCCIÓN

Debido a la falta de una cámara de recuperación que cumpla con los estándares y requerimientos internacionales en unas instalaciones gubernamentales enfocadas a la captación y estudio balístico, motivó el origen del “DISEÑO PROPIO DE CÁMARA MÓVIL DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES PARA ARMAS DE USO CIVIL” como una alternativa de solución a este problema mediante el desarrollo del presente trabajo de graduación.

En Guatemala existen cámaras de recuperación de proyectiles con los cuales se pueden realizar análisis con un margen de error aceptable. Aún 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, en caso de requerir presentarse en la corte a compadecer sobre un caso los elementos balísticos no deben presentar daño alguno, 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.

.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Balística

La balística es la ciencia que tiene por objeto el cálculo del alcance y dirección de los proyectiles disparados por un arma de fuego; es ciencia por que forma un auténtico cuerpo de doctrina sobre el conocimiento de las causas, principios y resultados en relación al comportamiento de los proyectiles sometidos en principio a las leyes físicas durante las diferentes fases del disparo, desplazamiento del proyectil a lo largo del ánima (cañón del arma percutora) y salida al exterior, trayectoria e impacto; el estudio de la balística centrado en las armas de fuego en aplicación judicial es parte de los estudios forenses de la balística.

Se conoce como balística forense a la disciplina que analiza las armas de fuego empleadas en crímenes; suele abarcar el estudio y análisis de los proyectiles y de los impactos determinando el calibre del arma disparada. También se ocupa de determinar la correspondencia entre proyectiles o casquillos encontradas en el sitio del suceso con arma localizada en poder de un sospechoso o en el lugar del mismo hecho delictivo. Asímismo, verifica la presencia de residuos de pólvora sobre el blanco, con el objeto de obtener una aproximación de la distancia a la que fue realizado el disparo. La balística forense participa de las cuatro ramas fundamentales en que se divide la ciencia balística: la balística interna, externa, de efecto comparativa o identificativa.

La primera evidencia de uso de la balística forense aplicada a la balística fue mostrada en Inglaterra, en el año 1825, cuando las únicas pruebas de

identificación de un asesinato fueron las marcas en el proyectil encontrado dentro del cuerpo de la víctima. Cuando se confrontó la evidencia con el sospechoso, éste confesó. El primer juez que tomó en cuenta las pruebas forenses que mostraban los estudios balísticos, lo hizo en 1902, cuando se pretendía demostrar que un arma podía ser asignada a la relación posible de pertenencia de un presunto sospechoso de asesinato; siendo estos los primeros casos resueltos por la balística forense.

1.2. Tipos de balística

La balística forense, se encuentra catalogada como tipo de la siguiente manera:

- Balística interna: se ocupa del estudio de la totalidad de fenómenos que se producen en el arma de fuego a partir del momento en que el percutor golpea el fulminante del cartucho y alcanza hasta el momento mismo en que el proyectil abandona la boca de fuego del cañón; así como la estructura, mecanismos, funcionamiento, carga de proyección, presiones que desarrolla y disparo de un arma de fuego.

- Balística externa: es aquella que responde al estudio de la trayectoria del proyectil, desde el momento en que este abandona la boca del cañón del arma hasta su arribo al blanco, y de los fenómenos que afecten en concordancia con las particularidades de cada caso, tales como la gravedad, resistencia al aire, influencia de la dirección e intensidad del viento y particularmente en los obstáculos que se le interpongan que en definitiva producen rebotes que modifican la trayectoria original.

- La balística de efectos: es la parte que estudia los efectos producidos por el proyectil en el blanco alcanzado, particularmente las características propias del orificio de entrada causado por el proyectil y de la zona inmediata que lo rodea, características que permiten establecer elementos que avalarán conclusiones relativas a problemas tan complejos como la distancia del blanco con el arma de fuego.

- La balística identificativa o de comparación: comprende los estudios necesarios que efectúa un perito especializado en balística con el fin de identificar un arma de fuego, su origen, marca, modelo, calibre, largo de cañón, tipo de mecanismo. Así como todas las identificaciones que se hacen de los elementos balísticos encontrados o recolectados en un lugar en donde haya ocurrido un hecho delictivo.

1.3. Clasificación de las armas

Las armas de fuego son las qe utilizan la presión generada por los gases producto de la deflagración de la pólvora, para impulsar uno o varios proyectiles. Estás se clasifican en:

- Por la forma de transporte:

    - Portátiles: las que para su transporte y uso es suficiente el empleo de una sola persona.

    - No portátiles: son aquellas que para su utilización se hace necesario el auxilio de otra persona o medio mecánico.

- Por su forma de empleo:

    - De puño: son las que fueron diseñadas para ser utilizadas con una sola mano.

    - De hombro: son las que para su utilización se requiere el empleo de ambas manos y/o el apoyo en otra parte del cuerpo del tirador, generalmente el hombro.

- Por el sistema de disparo:

    - De tiro a tiro: son aquellas que solo pueden efectuar un solo disparo por vez, siendo necesario la apertura del arma y extracción manual de la vaina servida para reemplazarla por un nuevo cartucho para efectuar un nuevo disparo, tal como la escopeta común de caza.

    - De repetición: corresponde a aquellas en las que la munición se almacena en un cargador, siendo necesario accionar un mecanismo manual a fin de subir la munición de la recámara al realizar el disparo, debe operarse de forma manual a través de sistemas tales como el cerrojo, corredera o palanca.

    - Semiautomáticas: es el sistema de tiro mediante el cual la munición se carga de forma automática después de realizar cada disparo, es necesario tirar del gatillo nuevamente cada que se quiere realizar un disparo.

- Automáticas: son aquellas que, manteniendo presionada la cola del disparador producen una sucesión de disparos, tales como las pistolas-ametralladoras y los fusiles automáticos. Generalmente este tipo de armas posee un selector de tiro que permite al usuario elegir el modo de operación entre dos opciones: semiautomático y automático.

- Por la forma de carga:

  - De avancarga: armas primitivas que eran cargadas por la boca de fuego, atracadas mediante golpes de baqueta.

  - De retrocarga: son aquellas que se cargan por la recámara ubicada en la parte media trasera del arma y que responden a la totalidad de las armas de moderno diseño.

- Por el tipo de cañón:

  - De cañón de ánima lisa: carece de estriado.

  - De cañón de ánima rayada o estriada: en este caso el interior del cañón del arma presenta un rayado particular de bajorrelieve, de forma helicoidal, llamado estriado y que le suministra a los proyectiles por ellos expulsados un movimiento rotacional sobre su propio eje que le brinda estabilidad direccional a la trayectoria del mismo.

- Por el tamaño del cañón:

- Armas de cañón largo: arma pequeña para ser apoyada en el hombro y ser sostenido por ambas manos del disparador.

- Armas de cañón corto: arma que puede ser disparada con una sola mano, tales como la pistola o el revólver.

Junto con esto las armas fueron de fuego clasificadas en la Ley de Armas y Municiones con decreto número 15-2009 del Congreso de la República de Guatemala en los artículos posteriores que presentan lo siguiente:

- Artículo 4. Clasificación de las armas. Para los efectos de la presente Ley, las armas se clasifican en: armas de fuego, armas de acción por gases comprimidos, armas blancas, explosivas, armas químicas, armas biológicas, armas atómicas, misiles, trampas bélicas, armas experimentales, armas hechizas y/o artesanales. Las armas de fuego se dividen en: bélicas o de uso exclusivo del Ejército de Guatemala, de uso de las fuerzas de seguridad y orden público del Estado, de uso y manejo individual, de uso civil, deportivas y de colección o de museo. Las armas de acción por gases comprimidos, se dividen en: de aire y de otros gases. Las armas blancas se dividen en: bélicas o de uso exclusivo del Ejército de Guatemala, de uso civil o de trabajo y deportivas. Los explosivos se dividen en: de uso industrial y bélico. Las armas atómicas se dividen en: de fusión de elementos pesados y fusión de elementos ligeros. Las trampas bélicas son de naturaleza estrictamente militar. Las trampas de caza y de pesca se regulan por las leyes de la materia, con excepción de lo expresamente regulado en la Ley.

- Artículo 5. Armas de fuego bélicas o de uso exclusivo del Ejército de Guatemala. El Ejército de Guatemala podrá hacer uso de las armas

necesarias para la defensa interna y externa del país, según sus atribuciones constitucionales, siempre que las mismas no se encuentren contempladas en las prohibiciones establecidas en los convenios y tratados internacionales aceptados y ratificados por Guatemala, o por prohibición expresa de esta Ley. Los armamentos de guerra de fabricación internacional, aún cuando no existan en los inventarios o arsenal nacional, y todas aquellas armas de fuego de uso y manejo colectivo, son de uso exclusivo del Ejército de Guatemala.

- Artículo 6. Armas de fuego de uso de las fuerzas de seguridad y orden público del Estado. Las fuerzas de seguridad y orden públicofalta tilde podrán hacer uso de todas las armas de fuego en adición a las establecidas en los artículos 9 y 11 de la presente Ley, las siguientes: fusiles militares de asalto táctico, pistolas de ráfaga intermitente, continua o múltiple, rifles automáticos, rifles de acción mecánica o semiautomática, rifles de asalto; carabinas automáticas, ametralladoras, subametralladoras y metralletas, carabinas y subfusiles con armazón de subametralladora, armas de propósito especial, subametralladoras cortas o acortadas, automáticas o semiautomáticas, rifle/lanzagranadas, lanza granadas y otras fabricadas para el fin del cumplimiento de su misión.

- Artículo 7. Descripción de las armas de uso y manejo colectivo. Las armas de manejo colectivo comprenden: las ametralladoras ligeras y pesadas, cañones ametralladores, cañones, aparatos de lanzamiento y puntería de granadas y proyectiles impulsados o propulsados. Las armas de fuego de uso bélico, químicas, explosivos bélicos, artefactos bélicos y armas de propósito bélico especial, son de uso exclusivo del Ejército de Guatemala, a excepción de los explosivos que unidades especializadas de la Policía Nacional Civil utilicen en función de la seguridad interna y

las que se encuentran contempladas en las prohibiciones establecidas en los convenios o tratados internacionales aceptados y ratificados por Guatemala. Se incluyen también cualquier tipo de granadas, explosivos no industriales y/o elementos necesarios para su lanzamiento; así como las armas de fuego y sus municiones diseñadas con propósitos bélicos especiales, como aquellas que fueron fabricadas sin número de serie, silenciadas o con alta precisión que no sean para uso deportivo y otras características aplicables a propósitos bélicos.

- Artículo 8. Descripción de las armas de uso y manejo individual. Las armas de uso y manejo individual, comprenden: revólveres, pistolas automáticas y semiautomáticas de cualquier calibre, además de fusiles militares de asalto táctico, pistolas de ráfaga intermitente, continua o múltiple, rifles de acción mecánica o semiautomática, rifles de asalto, carabinas automáticas, ametralladoras, subametralladoras y metralletas, carabinas y subfusiles con armazón de subametralladora, armas de propósito especial, subametralladoras cortas o acortadas, automáticas o semiautomáticas, rifle/lanzagranadas, escopetas de cualquier tipo y calibre, lanza granadas, armas automáticas ensambladas a partir de piezas de patente y armas hechizas, rústicas o cualquier modificación con propósito de ocultamiento.

- Artículo 9. Armas de fuego de uso civil. Para los efectos de la presente Ley, se consideran armas de fuego de uso civil los revólveres y pistolas semiautomáticas, de cualquier calibre, así como las escopetas de bombeo, semiautomáticas, de retrocarga y avancarga con cañón de hasta veinticuatro (24) pulgadas y rifles de acción mecánica o semiautomática.

- Artículo 11. Armas de fuego deportivas. Son armas de fuego deportivas, aquellas que han sido diseñadas para la práctica de deportes, tanto de competencia como de cacería, y que están reconocidas y reguladas internacionalmente. Son permitidas para hacer deporte, siempre que se cumplan con los requisitos establecidos en la ley. Las armas deportivas son: armas de fuego cortas, armas de fuego largas y armas de fuego de caza. Son armas de fuego deportivas cortas: las pistolas y revólveres utilizados en eventos internacionales, olímpicos y otros, organizados por las federaciones nacionales de tiro y entidades deportivas reconocidas por la ley. Son armas de fuego deportivas largas: los rifles, carabinas y escopetas con largo de cañón de hasta treinta y seis (36) pulgadas, utilizadas en eventos internacionales, olímpicos y otros organizados por las federaciones nacionales de tiro y entidades deportivas reconocidas por la ley. Son armas de fuego deportivas de caza: revólveres, pistolas, rifles, carabinas, escopetas con largo de cañón de hasta treinta y seis (36) pulgadas y aquellas cuyas características, alcance y/o poder, hayan sido diseñadas para tal propósito. Se entiende por carabina deportiva o de caza, aquellas cuyo funcionamiento sea mecánico o semiautomático. Quedan exceptuados los dispositivos portátiles, no portátiles y fijos destinados al lanzamiento de arpones, guías, cartuchos de iluminación o señalamiento y las municiones correspondientes; las armas portátiles de avancarga; las herramientas de percusión y labranza.

- Artículo 12. Armas de acción por gases comprimidos. Las armas de acción por gases comprimidos son las pistolas y rifles que, para impulsar un proyectil, necesiten liberar cualquier tipo de gas previamente comprimido, ya sean accionadas por émbolo o gas envasado y que utilicen municiones hasta de 5.5 milímetros.

- Artículo 13. Armas blancas. Las armas blancas son: a. Uso personal o trabajo: los cuchillos de exploración o supervivencia, instrumentos de labranza o de cualquier oficio, arte o profesión, que tengan aplicación conocida; las navajas de bolsillo cuya hoja no exceda de diez centímetros de longitud. No están comprendidos en las disposiciones de esta Ley, los cuchillos, herramientas u otros instrumentos cortantes que tengan aplicación artesanal, agrícola, industrial u otra conocida. b. Armas blancas deportivas son: las ballestas, arcos, flechas, florete, sable y espada. c. Armas blancas de uso bélico o exclusivo de las fuerzas de seguridad del Estado: las bayonetas, dagas, puñales, verduguillos, navajas automáticas con hojas de cualquier longitud y cualquier objeto diseñado o transformado para ser usado como arma. Las navajas con hojas que exceden de diez centímetros y que no sean automáticas, se podrán usar en áreas extraurbanas.

- Artículo 20. Armas hechizas y/o artesanales. Se consideran armas hechizas o artesanales todos los artefactos o ingenios de fabricación ilegal que hagan accionar por cualquier mecanismo municiones para armas de fuego u otro tipo de proyectil que cause daño.

1.4. Calibres para armas de uso civil

Los calibres de municiones se refieren al diámetro del proyectil, y ese diámetro se puede expresar en pulgadas (utilizado en Estados Unidos de América) o en milímetros (utilizado en Europa). Por ejemplo, los americanos dicen “calibre 44”; que significa que el proyectil mide 0.44 pulgadas de diámetro. Los europeos expresan “9 mm” para explicar un diámetro de proyectil que mide 9 milímetros de diámetro.

Con esto también existen calibres como el calibre .30, popular tanto para uso militar como para la caza, el cual posee muchas versiones 30-30 que explica el primer número en calibre en pulgadas y el segundo el peso en granos de la pólvora contenida en el cartucho. Sabiendo lo anterior sabemos que la ley describe en el artículo 9 de la Ley de Armas y Municiones que las armas de uso civil son todos los revólveres y pistolas de cualquier calibre, y escopetas de bombeo, semiautomáticas, de retrocarga y avancarga con cañón de hasta veinticuatro (24) pulgadas de largo y rifles de acción mecánica o semiautomática; presentando los calibres utilizados en armas de uso civil por la población guatemalteca según la DIGECAM (Dirección General de Control de Armas y Municiones) en la tabla I.

Tabla I. **Calibres para armas de uso civil utilizadas en Guatemala**

Tipo de Arma	Calibre en milímetros		Calibre en pulgadas			
Carabina	9	5.56	0.45 0.22	0.357	0.44	0.32
Escopeta	20	36	12	16	0.41	36
Pistola	9 6.35 5.7x28	9x18 10	0.4 0.45	0.22 0.38	0.32 0.25	0.38
Revolver			0.22 0.45	0.357 0.41	0.38	0.44
Rifle	7.62x51	5.56x45	30-30	223	355	0.308
Subametralladora	9	5.7x28	0.45	0.380		

Fuente: elaboración propia.

2. BALÍSTICA INTERIOR

Las armas de fuego poseen un conjunto de lesiones características de fábrica que son capaces de transmitirse a los proyectiles disparados y a los casquillos por ellas servidas, debido a las piezas del arma de fuego que de una u otra manera entran en contacto con el cartucho antes, durante o después de la detonación del mismo, que la hacen única, individual y diferente a todas las demás, aún en las de su misma marca, modelos y calibre. Las piezas del arma que generan estas lesiones identificativas se pueden observar en los elementos balísticos siguientes:

2.1. Partes del arma

El arma de fuego es un dispositivo destinado a propulsar uno o múltiples proyectiles mediante la presión generada por la combustión de un propelente, de este modo se excluyen dentro de este término los dispositivos que lanzan proyectiles por medio de un gas previamente comprimido.

Su función original y más común es provocar la muerte o la incapacitación casi instantánea de un individuo desde cierta distancia, variable según el tipo de arma y las circunstancias. Las partes del arma de fuego de uso civil varían con respecto al tipo de arma y a su mecanismo de funcionamiento, siendo estos:

- La carabina es un arma de fuego similar a un fusil, pero generalmente más corta y con menor potencia de fuego. Estas fueron creadas a partir de fusiles, siendo esencialmente fusiles más cortos con la misma munición. En el siglo XIX las carabinas eran empleadas por las tropas de caballería, por ser más ligeras y pequeñas en comparación a un fusil. Las partes de un arma de fuego tipo carabina son las descritas en la figura 1.

Figura 1. **Partes de un arma de fuego tipo carabina**

Fuente: *Fusil.* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/XCR_L_16_right.gif. Consulta: marzo de 2016.

- La escopeta es un arma de fuego con cañón de ánima lisa o rayada a mano, y que se sostiene contra el hombro, diseñada para descargar varios proyectiles (pequeñas balas conocidas como perdigones) en cada disparo. Se trata de un tipo de arma ligera utilizada sobre todo en caza menor, no obstante al ser utilizadas para propósitos policiales o militares se emplean cartuchos con un único proyectil llamado posta de punta cónica. Las partes de un arma de fuego tipo escopeta son las descritas en la figura 2.

Figura 2. **Partes de un arma de fuego tipo escopeta**

Fuente: *Fusil.* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/XCR_L_16_right.gif. Consulta: marzo de 2016.

- La pistola semiautomática es un arma de fuego que coloca un nuevo cartucho en la recámara después de disparar, haciendo un solo disparo por cada vez que se presiona el gatillo. Poseen la ventaja del cargador, que permite alojar mayor cantidad de munición que un revólver, siendo potencialmente más rápida. Las partes de un arma de fuego tipo pistola son las descritas en la figura 3.

Figura 3. **Partes de un arma de fuego tipo pistola**

Fuente: *Fusil.* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/XCR_L_16_right.gif. Consulta: marzo de 2016.

- El revólver es un arma de fuego que se caracteriza por la munición alojada dentro de un tambor o cilindro, el cual gira alrededor de un eje paralelo al cañón, que a medida que se dispara, coloca la siguiente recámara en posición de disparo, alineada con el cañón. Según el tamaño del tambor permite alojar de seis hasta ocho cartuchos útiles. Las partes de un arma de fuego tipo revólver son las descritas en la figura 4.

Figura 4. **Partes de un arma de fuego tipo revólver**

Fuente: *Fusil.* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/XCR_L_16_right.gif. Consulta: marzo de 2016.

- El rifle es un arma de fuego que dispone de un cañón cuya ánima está rayada o estriada en forma helicoidal. Con ello se obliga a que la bala gire con movimiento de rotación mientras avanza por el interior del cañón, siendo así como se consigue que la bala se estabilice y mantenga su trayectoria inicial frente al posible viento lateral cuando atraviesa el aire después del disparo. Las partes de un arma de fuego tipo rifle son las descritas en la figura 5.

Figura 5. **Partes de un arma de fuego tipo rifle**

Fuente: Municiones. https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4DB61_AS01?$mdmain$. Consulta: mayo de 2016.

- La subametralladora o subfusil es un arma de fuego diseñada para disparar munición de pistola de forma automática y de corto alcance, pensada para proporcionar gran cadencia de fuego en distancias cortas. Está diseñada para usarse a dos manos y a menudo apoyando su culata en el hombro. Las partes de un arma de fuego tipo subametralladora son las descritas en la figura 6.

Figura 6. **Partes de un arma de fuego tipo subametralladora**

Fuente: Municiones. https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4DB61_AS01?$mdmain$. Consulta: mayo de 2016.

2.2. Efectos dinámicos del proyectil

En cuanto a la fuerza dinámica de un proyectil tenemos que se originan al momento en que el cartucho es impactado por el martillo percutor, produciendo así ciertas clases de efectos:

- El movimiento de rotación se da por el efecto de la fricción entre el proyectil y el rayado en el interior del ánima del cañón por el que el proyectil sale, haciéndolo girar sobre su propio eje debido a su forma cilíndrica, a esto se le llama acción giroscópica.

- El movimiento de traslación es el desplazamiento que genera el proyectil al salir expulsado por el cañón del arma de fuego hasta su blanco.

- La velocidad de impacto es el elemento más importante en la determinación en la capacidad de impactar con el blanco.

- El poder de penetración del proyectil en el blanco debido a su energía cinética y calibre.

Toda esta fuerza dinámica puede ser afectada cuando el proyectil se desvía del blanco al que iba proyectado al momento de impactar un obstáculo que no era el blanco esperado, efecto de rebote cuyo interés es significativo para la balística forense.

2.3. Velocidades alcanzadas por proyectiles

La velocidad de salida de un proyectil es la velocidad alcanzada en el momento en el que abandona la boca del cañón para luego empezar a perder

rapidez por la resistencia del aire. Esta velocidad está determinada por la calidad y cantidad de la pólvora de deflagración, la masa del proyectil y el largo del cañón. Una pólvora que se deflagra rápido puede acelerar un proyectil más ligero a velocidades mayores, los cañones más largos dan a la fuerza de la deflagración más tiempo para propulsar el proyectil. Se debe encontrar un equilibrio entre calidad/cantidad de la pólvora, peso del proyectil y longitud del cañón si se pretende lograr un rendimiento óptimo y seguro. Tomando en cuenta lo anterior podemos encontrar que existen diferentes velocidades para un proyectil, siendo estos:

- Los proyectiles subsónicos la resistencia del aire es prácticamente nula, ya que las capas de aire se abren sin ofrecer resistencia, generándose delante del proyectil unas ondas de choque con formas esféricas que se desplazan a la velocidad el sonido, es decir una velocidad mayor que el mismo proyectil. Estos poseen una velocidad menor a 340 m/s.

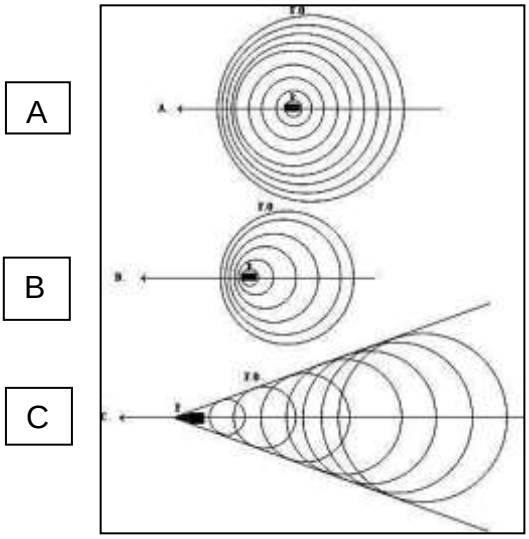
- Los proyectiles sónicos son los que poseen la resistencia opuesta por el aire al avance del proyectil siendo esta una verdadera barrera debido a que el proyectil se traslada más rápido de lo que las moléculas del aire tardan en separarse. Esto hace que el aire, justo delante de la ojiva, forme por compresión de las moléculas del medio aéreo una especie de funda más densa, que lo envuelve totalmente, que recibe el nombre de frente de onda y que constituye la llamada onda de choque que se mueve en forma de ondas esféricas, a velocidad del sonido y que se acumulan delante de la nariz del proyectil. Estos poseen una velocidad entre 340 y 500 m/s.

- Los proyectiles transónicos o supersónicos son los que avanzan a mayor velocidad que el frente de ondas, siendo las ondas esféricas superadas

por el proyectil quedando estas por detrás y constituyen un frente de ondas lineales con forma de cono, estando el proyectil en el vértice de este cono se le denomina Cono de *Mach*. Estos poseen una velocidad mayor a 500 m/s.

Esto puede verse representado en la figura 7 donde se muestran las formas de las ondas sónicas siendo la primera imagen (A) un frente de ondas sonoras en proyectiles subsónicos; la segunda (B) a un frente de ondas en proyectiles a la velocidad del sonido y transónicos; y la tercera (C) a un frente de ondas sonoras en proyectiles supersónicos.

Figura 7. **Ondas de las diferentes velocidades de proyectil.**



Fuente: elaboración propia.

En la tabla II se describen las clasificaciones de los calibres de las armas de uso civil según lo anterior descrito.

Tabla II. **Clasificación de calibres de armas de uso civil por tipo de velocidad**

Calibre	Velocidad máxima media (m/s)	Clasificación
.22	280	Subsónico
.25	232	Subsónico
.32	277	Subsónico
.380	320	Subsónico
38 Súper	410	Sónico
38 Especial	300	Subsónico
9x18mm	319	Subsónico
9mm	390	Sónico
40S&W	318	Subsónico
.357	435	Sónico
10mm	393	Sónico
5.7x28mm	650	Transónico
41 Magnum	456	Sónico
.44 Magnum	450	Sónico
30-30 Win	760	Transónico
20	350	Sónico
.410	335	Subsónico
12	405	Sónico
16	366	Sónico
223	970	Transónico
308	800	Transónico
7.62	770	Transónico

Fuente: elaboración propia.

2.4. Lesiones identificativas para cotejo de proyectiles

- Proyectil:
    - El cañón: producida por la deflagración de la carga de pólvora y consecuente generación de la importante masa gaseosa como

consecuencia de la misma, se incrementa la presión dentro del cartucho la que culmina desprendiendo el proyectil que se encuentra hasta ese momento dentro del mismo. Este proyectil posee originalmente un diámetro ligeramente mayor que el ánima del cañón, lo que hace que ingrese a éste en forma forzada, adoptando la forma del ánima, la que imprime al proyectil sus propias características, reproduciéndose en bajorrelieve las estrías y en altorrelieve los espacios inter-estríales. La fabricación del cañón entrega un micro-rayado al ánima producto de las alteraciones microscópicas de los filos de las máquinas de herramientas de producción de las mismas, por esta razón las lesiones se llaman congénitas ya que “nacen” cuando las ánimas son fabricadas, viéndose enriquecidas con el transcurso del tiempo haciéndose así más notorias. Con esto se permite identificar en forma categórica e indubitable a todos y cada uno de los proyectiles disparados a través de un cañón determinado.

- Embocadura del cañón: el tambor de los revólveres se comporta simultáneamente como almacén cargador, mientras que cada uno de los alvéolos del mismo cumple las funciones de recámara en el momento de producirse el disparo. Si el eje de simetría de cada uno de los alvéolos no coincide exactamente con el eje de simetría del cañón, se producirá un pequeño desfase entre ambas piezas, por lo que implicará que el proyectil roce una parte determinada de su cuerpo cilíndrico con uno de los bordes posteriores del cañón, produciéndose una marca de abocamiento la cual es una lesión de alto valor identificativo.

- Casquillo: al igual que en el proyectil en el casquillo también aparecen marcas impresas por distintas piezas del arma que permitirán proceder a su identificación y que corresponden principalmente a las siguiente partes:

    - Aguja de percusión o percutor: esta pieza puede encontrarse unida al martillo mediante un perno o bien ubicarse de manera tal que reciba el golpe del martillo, la cual golpea la cápsula fulminante y hacer detonar el alto explosivo dentro de esta, produciéndose así el fuego que es transmitido a la pólvora a través de pequeños orificios, los que comunican el alojamiento del fulminante con el de la pólvora llamados iodos. Las lesiones dejadas por la aguja de percusión han sido grabadas en el lugar de impacto, el cual posee un alto valor identificativo porque las agujas son mecanizadas mediante torno, y muchas veces retocadas con lima, dándole un valor único y diferente a las demás.

    - Cierre de recámara: esta pieza mantiene asegurado el cartucho dentro de la recámara, cerrando la misma herméticamente, apoyándose la parte posterior del casquillo dejando así grabadas las características que el arma le transmite en el momento del disparo. En los revólveres esta función es cumplida por la parte del armadura que cierra por detrás del alvéolo colocado en posición de disparo, la que posee un orificio por donde entra la aguja de percusión para poder golpear el fulminante generando el disparo.

- Uña extractora o extractor: esta pieza se encarga de retener el casquillo servido en la recámara y removerla de ese lugar para dar cabida a un nuevo cartucho. La uña toma por la parte de abajo del casquillo para poder extraerlo dejando lesiones características en los puntos de contacto.

- Botador o eyector: pieza solidaria a la caja de mecanismos del arma de fuego donde la vaina servida, en su arrastre producido por el accionar de la uña extractora, va a golpear modificando su recorrido, siendo lanzada al exterior del arma a través de la ventana de expulsión, cuando el lateral de la parte posterior del casquillo golpea contra el botador, éste le imprime en el lugar de contacto lesiones características.

2.5. Estudios periciales con el análisis microscópico comparativo

Los estudios periciales realizados dentro del ámbito de la balística interior tienden a establecer la identidad de un arma de fuego logrando su individualización, establece fehacientemente que dicha arma fue la disparada de acuerdo a la evidencia encontrada, lo que se logra a través de un estudio comparativo de los casquillos y proyectiles dubitados, cotejando estos con casquillos y proyectiles indubitados obtenidos por el perito en balística, utilizando el o las armas sometidas a estudio, ajustándose a los siguientes pasos:

- Determinación preliminar: a través de estas operaciones se tiende a efectuar un rápido descarte de armas, determinando con inspección macroscópica aquellos indicios que nunca hubiesen podido arrojar un determinado proyectil o casquillo en particular. Se inicia descartando

características que no concuerden con el arma incriminada, tales como igualdad de calibre, número de estrías, ubicación relativa de la uña extractora, botador. Esta no concordancia descarta toda posibilidad de vinculación entre las mismas, mientras que la concordancia de estas características se hace necesario un estudio exhaustivo, recurriendo al cotejo de las características microscópicas por medio del microscopio comparativo.

- Cotejo: la forma más efectiva de determinar la identidad de un arma es efectuar un estudio comparativo entre casquillos y proyectiles dubitados e indubitados por medio del microscopio de comparación forense, mediante el cual se efectuará un cotejo de las lesiones identificativas que se hayan dejado durante los disparos permitiendo estudiar simultáneamente las características de alto valor identificativo, tomando la zona útil de cotejo de ambos elementos balísticos, dejando ver las peculiaridades propias de lesiones en ambos elementos.

Lograda la verificación de coincidencia entre las mencionadas lesiones se puede afirmar un origen común entre ambos elementos balísticos, es decir que el dubitado como el indubitado fueron disparados por una misma arma de fuego, circunstancia que puede ser debidamente objetiva mediante fotografías tomadas a través del microscopio comparador con el que se hizo el cotejo lo que permitirá aportar al juzgador las piezas de convicción que el mismo necesita para valorar adecuadamente el estudio.

Con esto se puede observar la necesidad de contar con huellas balísticas indubitadas de calidad, sin daño en la superficie de comparación que puedan obstaculizar una coincidencia con los indicios de una escena de crimen. Esto se

logra con equipamiento especializado para la obtención de dichas huellas balísticas alcanzando un cotejo microscópico sin obstáculos y de calidad.

3. EQUIPAMIENTO TÉCNICO UTILIZADO EN EL ESTUDIO PERICIAL DE LA BALÍSTICA INTERIOR

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 identificatorio 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:

3.1. Cámara de recuperación de proyectiles

Trampa balística en donde se emplea un gel líquido con propiedades retrospectivas para detener el proyectil y en donde se utiliza un sistema de recirculación del gel 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.

La cámara de recuperación de proyectiles por sus dimensiones es fácil de transportar y cuenta con un mecanismo de elevación que permite ajustar la altura de la cámara acorde a la estatura del tirador, además de contar con un dispositivo de posicionamiento y un sistema de control lógico distribuido para el

paro y arranque de la bomba. Este método posee la ventaja de ser el menos agresivo en comparación a otras cámaras que utilizan hilos de tela, periódico u otros elementos que dañan al proyectil, el cual obtiene un proyectil indubitado de calidad óptima para el cotejo.

3.2. Microscopios de comparación forense

Esquemáticamente está constituido por un ocular y dos objetivos unidos por un puente óptico de manera tal que, con un solo ojo el operador pueda observar en el objetivo dos objetos diferentes. El campo circular está dividido por una línea de separación en dos zonas denominadas hemicampos, siendo posible observar el objeto que se encuentra colocado debajo del objetivo izquierdo en el hemicampo izquierdo y en el hemicampo derecho el objeto que se encuentra colocado debajo del objetivo derecho. Debajo de cada objetivo se dispone una platina donde se fijan los objetos a comparar.

Este equipo se encuentra complementado por una serie de comandos y accesorios que le brindan una gran versatilidad en la realización de múltiples tareas de observación comparativa, disponiendo asimismo de equipos fotográficos e iluminadores de luz variable en intensidad y dirección.

Este método es fundamental para arribar a conclusiones categóricas, basadas en los principios técnico-científicos permitiendo también el estudio pericial de proyectiles deformados y de fragmentos de proyectiles, pudiendo objetivizar fotográficamente las coincidencias de líneas microscópicas que los identifican, aportando al Juzgador, elementos de prueba de materiales concretos para su eficaz valoración. En la figura 8 se observa un microscopio de comparación forense marca Leica utilizado por instalaciones enfocadas al estudio balístico.

Figura 8. **Microscopio de comparación forense marca Leica**

Fuente: Leica. https://www.leica-microsystems.com/es/productos/microscopios-opticos/detalles/product/leica-fs-c/. Consulta: mayo de 2016.

3.3. Sistema Integrado de identificación balística

Sistema que vincula delitos cometidos con armas de fuego cotejando proyectiles o casquillos disparados desde la misma arma. Tomando primero capturas digitales de las marcas microscópicas únicas halladas en proyectiles disparados y casquillos percutidos y detonados, extrayendo posteriormente una firma numérica de cada región de interés significativa.

Estas firmas se comparan de manera automática a fin de hallar candidatos que coincidan en la red IBIS formando así coincidencias que se clasifican para que los peritos forenses realicen una comparación visual. Dentro de esta tecnología existen estaciones específicas para cada proceso siendo estas las siguientes

- *Brass-Trax* (Estación de adquisición de imágenes de casquillos): esta estación captura imágenes de alta resolución e información topográfica de casquillos percutidos y detonados a nivel micrométrico, su avanzada tecnología de sensor 3D proporciona un rendimiento óptimo para las características específicas de las marcas en los casquillos. Ofrece imágenes automatizadas para la amplia gama de calibres de casquillos procesados por laboratorios forenses. Captura importantes regiones de interés para producir múltiples representaciones de las marcas y las formas de un casquillo.

- *Bullet-ttrax* (Estación de adquisición de imágenes de proyectiles): esta estación captura imágenes de alta resolución e información topográfica de proyectiles disparados a nivel nanométrico, su avanzada tecnología de sensor 3D proporciona un rendimiento óptimo para las características específicas de las marcas en los proyectiles. Ofrece imágenes automatizadas para la amplia gama de calibres de proyectiles procesados por laboratorios forenses. Se adapta a las deformaciones de las superficies, incluso para evidencias dañadas y fragmentadas, a fin de producir representaciones exactas de las marcas y las formas del proyectil.

- Concentrador de datos: este proporciona un almacenamiento centralizado de la información recopilada desde múltiples estaciones de adquisición. Para cada muestra adquirida, el concentrador de datos extrae automáticamente firmas de imágenes, genera solicitudes de correlación que se procesarán en el servidor de correlaciones y almacena los resultados de las correlaciones. El concentrador de datos sirve como punto de conexión para los usuarios de las estaciones de

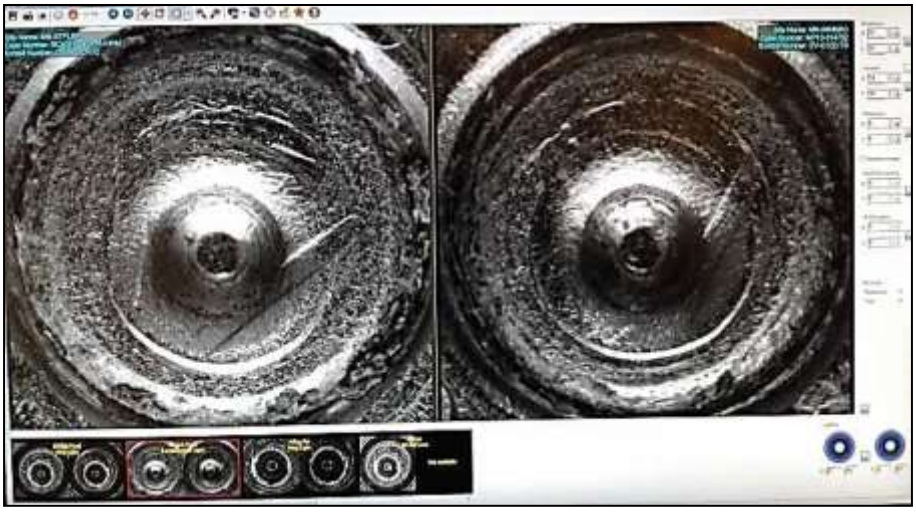
análisis *Matchpoint* para realizar revisiones de correlación y producir informes.

- Servidor de correlación: este utiliza algoritmos altamente especializados para comparar las firmas de imágenes de una muestra con otras muestras relevantes en una red IBIS específica, los valores de correlación resultantes proporcionan una clasificación de los posibles candidatos que coinciden según su similitud. El alcance de las correlaciones se puede optimizar para que se correspondan con los patrones delictivos conocidos y múltiples niveles de correlación permiten a las agencias colaborar de manera regional, nacional e internacional.

- *Matchpoint* (Estación de análisis): esta estación proporciona visores de comparación y herramientas de análisis diseñadas para eliminar rápidamente candidatos que no coinciden, y para analizar en profundidad las marcas de casquillos y proyectiles que posiblemente coinciden. Esta estación organiza y presenta los resultados obtenidos de los potentes algoritmos de correlación de IBIS. Mediante el uso de herramientas de visualización, las coincidencias de mayor fiabilidad se identifican comparando las imágenes 2D y la información topográfica 3D de casquillos y proyectiles adquiridos anteriormente.

En la figura 9 se muestra captura de pantalla de la comparación de dos casquillos mediante el uso de la estación *Matchpoint* del sistema integrado de identificación balística.

Figura 9. **Comparación de dos casquillos usando la estación *Matchpoint***



Fuente: elaboración propia.

4. CÁMARA DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES

Dicho equipo fue diseñado para uso en laboratorios forenses, este equipo recupera la huella balística de las armas marcadas en proyectiles por medio de un material de frenado dentro de la cámara que detiene el proyectil en base a fuerzas propias de este material, para posteriormente poder ser examinados y comparados en el laboratorio balístico. El estudio para el diseño de este equipo se especifica en los puntos siguientes:

4.1. Objetivo principal de la cámara de recuperación de proyectiles

En un principio los proyectiles indubitados se recuperaban con pruebas de disparo realizadas en campo abierto, en contra de un tiro al blanco que contaba con un montículo de tierra en su parte trasera, siendo este el material de frenado que detenía los proyectiles; el problema con este sistema es que al impactar con el montículo, se tenía fricción excesiva entre el proyectil y la tierra, la cual lesionaba de distinta manera el rayado del proyectil original al salir del arma, junto con esto el tiempo invertido en encontrar el proyectil dentro del montículo era excesivo.

Con el pasar de los años se comenzaron a implementar cámara rústicas fabricadas de madera a manera de forma de prisma rectangular angosto pero con la longitud adecuada para que el proyectil detuviera su trayectoria. Estos prismas se encontraban en su mayoría rellenos de estopa, poseían un orificio en uno de los extremos para poder realizar el disparo, estos eran de fabricación artesanal, además que la cantidad de estopa en el interior era variable. Con esto se determinó que el rayado externo que sufrían los proyectiles disminuyó,

pero se seguía invirtiendo demasiado tiempo en la búsqueda de los proyectiles dentro de la cámara. El objetivo principal de la cámara de recuperación de proyectiles no solo es recuperar el proyectil sin daño en la superficie de comparaciones, es el optimizar el tiempo de recuperación de éste.

4.2. 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 propusieron los siguientes materiales para el interior de la cámara:

- Gel balístico: 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. 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.

- Agua: posee una densidad constante, abundante, barata, con volumen y longitud apropiados para frenar cualquier proyectil sin dañar el rayado original, se puede aumentar la densidad del agua añadiéndole sal.

- Aserrín y fibras: una mezcla compuesta entre aserrín y fibras de algodón podrían dar como resultado un freno mecánico para los proyectiles,

corriendo el riesgo de sufrir deformación en los proyectiles o provocando manchas significativas en sus campos y estrías.

Se realizaron pruebas de disparo con el mayor número de armas de fuego de uso civil con sus calibres posibles en polígonos ubicados dentro del Estado Mayor de la Defensa de Guatemala utilizando los materiales anteriormente propuestos para analizar tangiblemente el alcance, trayectoria, impacto, fuerza de los proyectiles y otros efectos sobre los mismos con la deformación sufrida o los efectos a causa de la fricción, obteniendo los datos de distancia de frenado con diferentes tipos de frenado ubicados en la tabla III.

Tabla III. **Distancia de frenado para calibres de armas de uso civil según material de frenado**

Distancia de frenado por material en (m)			
Calibre	Gel balístico	Agua	Aserrín
0.22	0,24	0,84	0,45
0.25	0,25	0,86	0,46
0.32	0,26	0,88	0,47
380	0,21	0,74	0,39
38 Súper	0,46	1,51	0,86
38 Especial	0,45	1,50	0,85
9x18mm	0,26	0,90	0,49
9mm	0,41	1,35	0,76
40S&W	0,50	1,61	0,92
0.357	0,34	1,15	0,64
10mm	0,45	1,49	0,84
5.7x28mm	0,32	1,07	0,59
41 Magnum	0,42	1,37	0,77
.44 Magnum	0,49	1,60	0,91
30-30 Win	0,46	1,49	0,84
45 AUTO	0,45	1,46	0,83
223	0,41	1,33	0,75
308	0,38	1,27	0,71
7.62	0,79	2,10	1,45

Fuente: elaboración propia

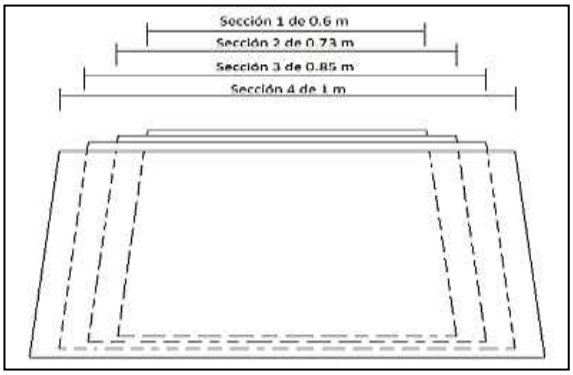
El agua al tener un coeficiente de fricción menor que el gel balístico y que el aserrín necesita una mayor longitud para lograr frenar el proyectil, pero debido a su densidad constante ejecuta de manera efectiva la función de frenado sin dañarlos, reduciendo también costos de operación.

4.3. Estudio de la forma geométrica de la cámara de recuperación de proyectiles

Después de realizar disparos de prueba y adquirir datos del material de frenado que se utilizará, se pueden calcular las dimensiones de espesor, forma, volumen y longitud de la cámara de recuperación de proyectiles. Durante el diseño de las dimensiones de la cámara se consideraron los estudios de la balística de efectos, intentando predecir las posibles trayectorias fuera de las convencionales, que podría seguir el proyectil una vez al contacto con el contenido de la cámara, es decir que los proyectiles disparados pueden tomar trayectorias indefinidas al contacto con el agua debido a una deformación en la punta de estos. Considerando esto se concluyó incrementar su longitud y a fin de contener más volumen de material de frenado dentro de la cámara de recuperación de proyectiles.

Se tomó la forma geométrica de un cono plegable en sí mismo de 4 secciones para reducir el peso y poder tener comodidad al transportar la cámara de un lugar a otro, reduciéndose en si misma a una altura y un radio en la parte inferior de 70 centímetros, se muestra en la figura 10.

Figura 10. **Boceto de la cámara de recuperación de proyectiles proyectada dentro de sí misma**



Fuente: elaboración propia.

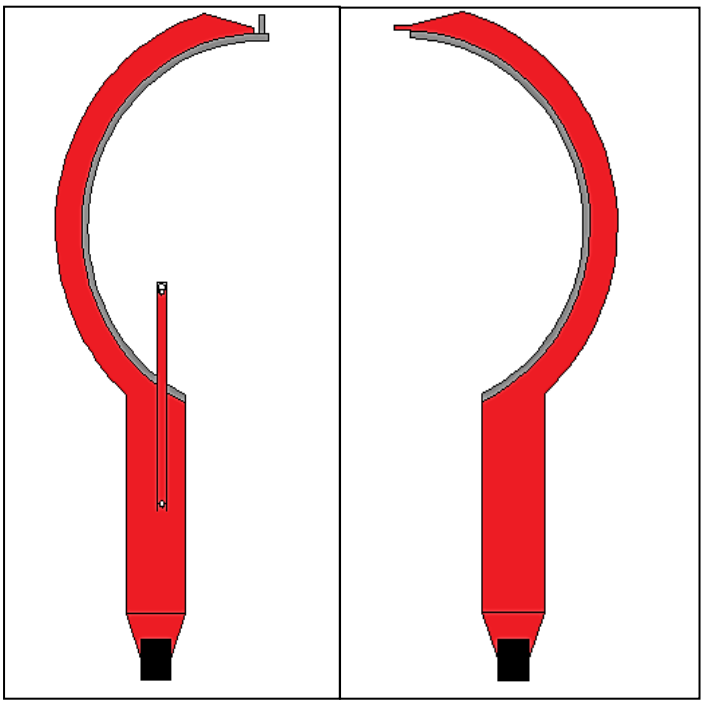
La cámara de recuperación cilíndrica debe poseer cuatro pilares con ruedas industriales de acero inoxidable con banda de goma con freno y bloqueo de 3 pulgadas de diámetro que mantendrán resistencia de dos veces y medio el peso que tendrán encima, reduciendo también la vibración de la cámara al momento de detener el disparo. En la figura 11 se muestran las ruedas industriales que se usarán para los pilares de la cámara.

Figura 11. **Rueda industrial de acero inoxidable con banda de goma de 3” de diámetro**

Fuente: Municiones. https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/4DB61_AS01?$mdmain$. Consulta: mayo de 2016.

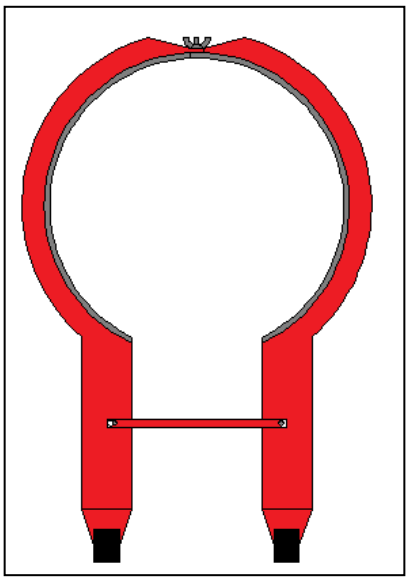
Estos pilares deben estar diseñados con el mismo material de la cámara de recuperación de proyectiles junto con una recubierta en la parte interior de cada pilar con caucho para evitar fricciones que desgasten los pilares o la cámara, evitar que los pilares resbalen y pueda ocurrir un accidente. Los pilares deben ir anclados uno sobre el otro y serán situados alrededor del inicio de las secciones 2 y 4 de la cámara en la figura 12 se muestra la forma de los pilares por separado; seguido por la figura 13 la cual muestra el anclaje correcto de los pilares.

Figura 12. **Boceto de la forma de los pilares en forma separada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Boceto de la forma de los pilares anclados**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Material externo utilizable para el diseño del proyecto

Los materiales candidatos para formar parte de la estructura exterior de la cámara se consideraron después de tomar en cuenta modelos de cámara anteriores, estudios previos de volúmenes, formas, capacidades de impacto incluyendo con esto algún efecto balístico a la fricción de alta velocidad. Considerando los siguientes materiales:

- Madera: Es un material ortotrópico encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. Como la madera la producen y utilizan las plantas con fines estructurales, es un material muy resistente, además posee características que difícilmente se conjuntan en materiales artificiales.

En composición media se compone de 50 % de Carbono, 42 % de Oxígeno, 6 % Hidrógeno y 2 % de Nitrógeno, contenidos dentro los componentes principales de ésta, siendo la celulosa, polisacárido, lignina y la hemicelulosa, los cuales proporcionan dureza, resistencia y protección. Clasificando la madera según su dureza en:

- Maderas duras: son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, por lo que son más densas y soportan mejor las inclemencias del tiempo si se encuentran a la intemperie que las blandas. Estas maderas proceden de árboles de hoja caduca, que tardan décadas, e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas en la elaboración de muebles o vigas de los caseríos o viviendas unifamiliares. Son mucho más caras que las blandas, debido a que su lento crecimiento provoca su escasez, pero son mucho más atractivas para construir muebles con ellas. También son empleadas para realizar tallas de madera o todo producto en el cual las maderas macizas de calidad son necesarias.

- Maderas blandas: el término madera blanda es una denominación genérica que sirve para englobar a la madera de los árboles pertenecientes a la orden de las coníferas. La gran ventaja que tienen respecto a las maderas duras, procedentes de especies de hoja caduca con un periodo de crecimiento mucho más largo, es su ligereza y precio menor. Este tipo de madera no tiene una vida tan larga como las duras, pero puede ser empleada para trabajos específicos. Por ejemplo, la madera de cedro rojo tiene repelentes naturales contra plagas de insectos y hongos, de modo que es casi inmune a la putrefacción y a la descomposición, por lo que es

muy utilizada en exteriores. La manipulación de las maderas blandas es mucho más sencilla, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de astillas.

- Acero: se denomina acero a una aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2,0 % en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2 % y 0,3 %. Porcentajes mayores que el 2,0 % de carbono dan lugar a las fundiciones, que a diferencia de los aceros, son quebradizos y no se pueden forjar, sino que se moldean.

Aunque es difícil establecer las propiedades físicas y mecánicas del acero debido a que éstas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos, químicos o mecánicos, con los que pueden conseguirse aceros con combinaciones de características adecuadas para infinidad de aplicaciones, se pueden citar algunas propiedades genéricas tales como la densidad media de 7 850 kg/m^3, maleabilidad, tenacidad, facilidad en máquinas de herramientas antes de recibir tratamientos térmicos o químicos y la dureza debido a sus aleaciones.

- Cemento: el cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de piedra caliza, arcilla calcinada y posteriormente molida, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. Mezclado con agregados de grava, arena y agua crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea. Algunas de las propiedades físicas del cemento es que se fragua entre 2 a 3 horas, el volumen no es expansivo, posee resistencia ataques químicos, resistencia a temperaturas altas.

Como material para el exterior de la cámara se tomará un acero inoxidable austenítico 301 AISI (*American Iron and Steel Institute*) el cual posee las siguientes características:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
- Excelente soldabilidad
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tiene la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- No son magnéticos

Este acero posee un rango de carbono de 0,03 al 0,08 % de Carbono, un rango de 16 al 26 % de Cromo, y el elemento austenítico conocido como níquel. El níquel aumenta la carga de rotura, el límite de elasticidad, el alargamiento y la resistencia al choque, junto con esto disminuye las dilataciones por efecto del calor; siendo todas las características descritas anteriormente las fundamentalmente necesarias para el adecuado funcionamiento de la cámara, además de aumentar su tiempo de vida. Por lo que en la tabla IV se detallan el espesor, y peso de los diferentes calibres de acero 301 AISI, del cual uno de los calibres se utilizará para el material exterior de la cámara de recuperación de proyectiles.

Tabla IV. **Calibre, espesor y pesos de aceros a utilizar para material externo**

CALIBRE	ESPESOR	PESO	PESO POR HOJA			
	pulgadas	libra/pie2	libra			
			3' x 8'	3' x 10'	4' x 8'	4' x 10'
10	0.135	5.6706	136.0956	170.1194	181.4607	226.8259
11	0.12	5.0406	120.9738	151.2173	161.2984	201.623
12	0.105	4.4105	105.8521	132.3151	141.1361	176.4202
14	0.075	3.1504	75.6086	94.5108	100.8115	126.0144
16	0.06	2.5203	60.4869	75.6086	80.6492	100.8115
18	0.048	2.0162	48.3895	60.4869	64.5194	80.6492
20	0.0351	1.4744	35.3848	44.2311	47.1798	58.9747
22	0.0291	1.2223	29.3362	36.6702	39.1149	48.8936
24	0.024	1.0081	24.1948	30.2435	32.2597	40.3246
26	0.018	0.7561	18.1461	22.6826	24.2948	30.2435
28	0.015	0.6301	15.1217	18.9022	20.1623	25.2029
29	0.013	0.5461	13.1055	16.3819	17.474	21.8425

Fuente: Edu. http://www.academia.edu/5855400/Tablas_de_Acero_Inoxidable. Consulta: mayo de 2016.

Para encontrar el precio aproximado de la fabricación de la cámara de recuperación de proyectiles se utilizan láminas del material antes descrito, por lo que encontrar el área de este es indispensable para saber cuánto material se utilizará; por lo que se utilizó la fórmula de un cono truncado siendo esta la forma de la cámara de recuperación de proyectiles sumándole las caras frontal y trasera.

$$Área_{cilindro\ truncado} = \pi * \left[2{,}413(0{,}55 + 0{,}3) + 0{,}55^2 + 0{,}3^2\right] = 7{,}67\ m^2$$

$$Área_{cara\ trasera} = \pi\ 0{,}55^2 = 0{,}95\ m^2$$

$$Área_{cara\ frontal} = \pi\ 0{,}3^2 = 0{,}28\ m^2$$

$Área_{total} = 7{,}67 + 0{,}95 + 0{,}28 = 8{,}90\ m^2$ De placa de acero AISI 301.

Teniendo en cuenta que el acero AISI 301 tiene un precio de 2 500 quetzales por placa las cuales poseen dimensiones de 4 por 8 pies, conteniendo 32 pies cuadrados. El cual al convertirlo podemos observar que es necesario utilizar más de una lámina de este acero.

$$32\ pies^2 = 2{,}9729\ metros^2$$

$$\frac{8{,}90}{2{,}9729} = 2.99\ \approx 3$$ Placas de acero AISI 301

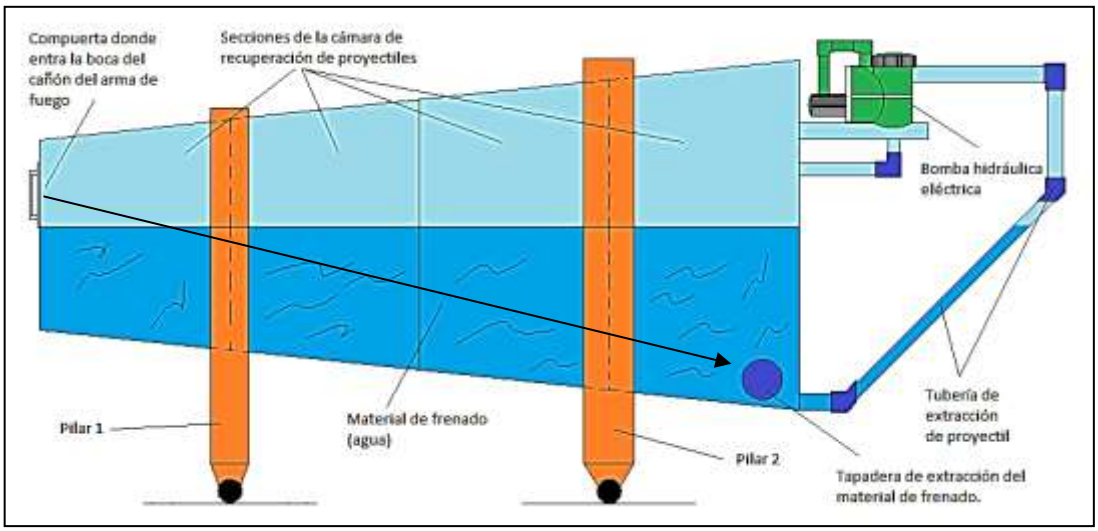
3 láminas de acero x 2 500Q = 7 500 Quetzales

4.5. Elementos mecánicos utilizados para recuperación del proyectil

Los elementos mecánicos son todas aquellas piezas o elementos sencillos que correctamente ensamblados constituyen una máquina completa y en funcionamiento. Conociendo lo anterior para la recuperación de los proyectiles es necesario extraer del material de frenado que se encuentra dentro de la cámara, por lo que se usarán elementos mecánicos siguientes para una extracción que reduzca el tiempo de recuperación de los proyectiles:

- Pendiente dentro de la cámara: esta pendiente es generada a través de la forma de la cámara de recuperación de proyectiles, dicha pendiente sirve para deslizar los proyectiles que sean detenidos por el material de frenado hacia la parte final de la cámara como se muestra en la figura 14, que muestra un boceto de la cámara de recuperación de proyectiles con la cual se observa la pendiente y hacia donde se deslizan los proyectiles.

Figura 14. **Boceto de la cámara de recuperación de proyectiles**



Fuente: elaboración propia.

- Bomba hidráulica eléctrica: es una máquina generadora que transforma la energía mecánica con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura sin alterar su densidad. La bomba debe tener un diámetro de tubería de 2 pulgadas, de energía eléctrica, un caudal máximo de 350 litros por minuto, una potencia de 1.5 caballos de fuerza y un voltaje de 220 voltios. Esta bomba es utilizada para transportar tanto agua como el proyectil dentro de la cámara hacia el filtro ubicado dentro de la bomba el cual es de fácil acceso al operador donde podrá recuperar el proyectil de manera fácil y rápida, el agua regresa a la cámara de recuperación balística. En la figura 15 se muestra una bomba eléctrica Marca *Coasts*, modelo SYL160-i2-150, la cual cumple con los requisitos descritos anteriormente, pero se pueden utilizar bombas de otras marcas. El precio estimado de este tipo de bomba hidráulica eléctrica es de Q4 600,00.

Figura 15. **Bomba eléctrica que eleva el proyectil al filtro para recuperar el proyectil**

Fuente: Bombas. http://spanish.alibaba.com/product-gs/1-5hp-220v-or-380v-water-circulating-pump-for-swimming-pool-60269835595.html. Consulta: mayo de 2016.

4.6. Materiales, insumos y metodología para el mantenimiento preventivo

Estos puntos son de suma importancia para mantener a la cámara de recuperación de proyectiles en buen estado para captar huellas balísticas sin lesiones y evitar retrasos en casos de alto impacto que requieran cotejos de huellas balísticas inmediatos. Dentro del mantenimiento preventivo se observan los siguientes procedimientos:

- Se requiere una revisión visual de la cámara de recuperación de proyectiles, buscando abolladuras dentro y fuera del cuerpo de la cámara.

- La cámara de recuperación de proyectiles debe tener el nivel de material de frenado necesario para la correcta detención del proyectil.

- La puerta ubicada en la parte de enfrente de la cámara de recuperación balística se debe encontrar debidamente posicionada para evitar que un proyectil pueda salir por efecto de rebote.

- El sistema eléctrico de la bomba hidráulica se debe encontrar debidamente aislado del material de frenado para evitar corrosión o cortos circuitos.

- Contar con materiales químicos anticorrosivos y paños de algodón para limpiar la parte exterior de la cámara de recuperación balística evitando así la corrosión prematura de la estructura exterior.

- Evitar el cambio de ángulo de disparo en la que fue diseñada la cámara para que el efecto de rebote no lesione la cámara de recuperación de proyectiles.

- Revisar antes de llenar la cámara de recuperación de proyectiles con el material de frenado, que los pilares estén ajustados y fijados a la cámara.

4.7. Rango de calibres que soporta la cámara de recuperación de proyectiles

La cámara de recuperación de proyectiles se encuentra diseñada para armas de fuego que se encuentran dentro de lo establecido por la ley como armas y municiones en el artículo 9 como armas de uso civil considerando dentro de esta los revólveres y pistolas semiautomáticas de cualquier calibre,

así como las escopetas de bombeo, semiautomáticas, de retrocarga y avancarga con cañón de hasta veinticuatro (24) pulgadas y rifles de acción mecánica o semiautomática. Considerando los calibres definidos en la tabla I que describe los calibres para armas de uso civil utilizadas en Guatemala se hace constar que:

- Los calibres utilizados por escopetas no se toman en consideración dentro de los rangos de calibres soportados por la cámara de recuperación de proyectiles debido a que dentro del cañón de las escopetas no se encuentra un estriado que identifique el proyectil o proyectiles que por este salgan.

- Los calibres descritos en la tabla V son todos los que dentro del cañón del arma a la que pertenecen, este posee un estriado que deja las lesiones identificativas de cada arma de fuego y según la longitud del diseño de la cámara de recuperación de proyectiles son detenidos por el material de frenado antes de alcanzar a dañar la parte posterior de la cámara.

Tabla V. **Lista de calibres para armas de uso civil utilizadas en Guatemala soportadas por la cámara de recuperación de proyectiles**

Calibres soportados por cámara de recuperación de proyectiles diseñada					
Milímetros		Pulgadas			
9	7.35	0.45	0.357	0.44	0.32
5.56	7.62	0.38	0.380	0.25	0.41
6.25	9x17	0.22	.40	30-30	

Fuente: elaboración propia.

4.8. Instalaciones necesarias para utilizar una cámara de recuperación de proyectiles

Para la correcta utilización de la cámara de recuperación de proyectiles se necesita una instalación en especial, en donde para evitar accidentes o problemas con los usuarios se deben cumplir con requisitos específicos los cuales se detallan a continuación:

- Debe ser un cuarto con ventilación suficiente para evitar el encierro de gases residuales de un disparo realizado.

- El abastecimiento de agua debe ser el adecuado para llenar la cámara de recuperación de proyectiles hasta el nivel necesario para el frenado de los proyectiles.

- La iluminación debe contar con un lumen por metro cuadrado correcto, el cual puede variar entre 200 y 300 lumen por metro cuadrado para no perder de vista los proyectiles dentro del filtro en la bomba hidraúlica.

- La instalación tiene que tener un espacio prudencial para que el operario pueda moverse alrededor de la cámara de recuperación de proyectiles.

- Se debe contar con instalaciones eléctricas que cuenten con enchufe de 220 voltios para la correcta utilización de la bomba hidraúlica.

5. MANUAL DE USUARIO DE LA CÁMARA DE RECUPERACIÓN DE PROYECTILES

Este manual está orientado para la correcta utilización de la cámara de recuperación de proyectiles optimizando tiempos, tanto de instalación de la misma, así como de recuperación de los proyectiles. También es una guía para utilizar el equipo de protección personal para evitar accidentes y enfermedades ocupacionales a operarios a corto y largo plazo.

5.1. Método de preparación y vertido del material de frenado

El método de preparación de la cámara de recuperación de proyectiles y el vertido del material consiste en pasos que se deben seguir de manera sistemática, son los siguientes:

- Al momento de extender la cámara de recuperación de proyectiles, se debe manipular desde la sección inferior, sosteniendo la puerta y halando hacia atrás de manera uniforme para que no exista fuga del material de frenado en medio de las secciones.

- Los pilares se deben colocar entre las secciones uno y dos; tres y cuatro. Anclándose a manera de evitar deslizamientos de la cámara de recuperación de proyectiles.

- En la parte posterior de la cámara de recuperación de proyectiles se encuentran las bases para acoplar la tubería que lleva a la bomba

hidraúlica, se deben colocar a manera de evitar fugas del material de frenado.

- Realizar una inspección visual revisando los acoples y conexiones eléctricas previo a vertir el material de frenado.

- El vertido de material se debe hacer de manera uniforme, llenando la cámara de recuperación de proyectiles hasta el nivel que está marcado dentro de ésta.

5.2. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal es de suma importancia para cada operador de la cámara de recuperación de proyectiles, para evitar que dicho operario sufra alguna lesión o se exponga a un ambiente que pueda ocasionar una enfermedad ocupacional a largo o corto plazo. Los implementos del equipo de protección personal a utilizar son los siguientes:

- Careta de protección: el uso de la careta de protección se debe a que el material de frenado posee la propiedad líquida puede salpicar al momento en que el proyectil ingrese a este material, esta debe ser de polietileno transparente para proteger la cara.

- Bata de algodón blanca: el uso de la bata es importante ya que al momento de accionar el arma de fuego, se pueden quedar impregnados en ropa pequeños fragmentos de pólvora quemada del cartucho percutido, así como gases generados al momento de la deflagración de la pólvora.

- Orejeras: las orejeras son indispensables ya que el ruido que se produce dentro de las instalaciones al accionar el arma de fuego se intensifica por el área cerrada y reducida, alcanzando decibeles elevados; por lo tanto se necesitan orejeras que protejan y “amortiguen” el sonido hasta llegar a un nivel seguro de 27 decibeles.

- Chaleco antibalas: el chaleco antibalas es una prenda usada por protección dentro del cuarto de disparo ya que al accionar el arma puede ocurrir un accidente debido a las posibles malas condiciones del arma, el chaleco absorbe el impacto de las balas disparadas que pudieran salir en dirección inadecuada.

5.3. Técnicas de disparo en la cámara de recuperación de proyectiles

La posición correcta es primordial para lograr que los proyectiles no sufran daños significativos que interfieren con los estudios forenses. Por lo tanto la posición correcta del arma de fuego se trabaja con doble empuñamiento a aproximadamente 9 grados sobre la horizontal dentro de la entrada a la cámara de recuperación de proyectiles, el tirador debe colocar el pie izquierdo delante y el derecho atrás ambos forman un ángulo aproximado de 90 grados, la cadera ladeada hacia el brazo derecho, el brazo de apoyo semiflexionado con el codo hacia abajo, cubriendo la zona del corazón y el brazo del tirador extendido o semiflexionado, según la comodidad del tirador.

En la figura 16 podemos observar la correcta posición para accionar el arma de fuego dentro de la cámara de recuperación de proyectiles.

Figura 16. **Posición para accionar el arma de fuego**

Fuente: Municiones. http://mti.mx/wp-content/themes/mtiTheme/assets/img/camara-de-comercio2.jpg. Consulta: mayo de 2016.

Existen reglas indispensables para accionar el arma de fuego dentro de la cámara de recuperación de proyectiles conocidas como el decálogo de seguridad con las armas de fuego, siendo estas:

- Nunca apunte un arma cargada o descargada si no tiene intención de dispararla.

- Nunca suponga que un arma esta descargada; antes cerciórese, quitando el dedo del disparador y con el cañón para arriba.

- Nunca practique puntería o tiros en seco en sitios distintos a tal fin y cuando lo haga en un polígono, compruebe que el arma esté descargada.

- En el polígono y cuando no esté en la línea de fuego, las armas deberán mantenerse con los mecanismos de disparo abiertos, la tolva y cargador de cartuchos afuera.

- Cuando se dispara en el polígono, individualmente o por grupos deben establecer rigurosas medidas de control y seguridad.

- Use siempre en su arma los cartuchos especiales para los cuales ha sido diseñada. No trate de hacer experimentos con otro tipo de munición.

- Antes de cargar el arma compruebe que el arma esté libre de obstáculos.

- Nunca deje un arma cargada donde alguien especialmente los niños puedan tomarla.

- Nunca dispare sobre objetos que puedan causar rebotes o despedir en otras direcciones fragmentos del mismo, o del proyectil.

- Nunca amenace o juegue con un arma, en muchos casos solo, sirve para herir o matar sin inteción a las personas queridas.

Fuera de estas reglas se recomienda para el uso correcto de la cámara de recuperación de proyectiles, lo siguiente:

- Usar en todo momento el equipo de seguridad anteriormente descrito.

- Estar acompañado por otra persona durante el proceso de recuperación.

- Nunca dirigir el arma de fuego hacia el compañero.

- El arma se debe cerrojar hasta que el cañón esté dentro de la cámara de recuperación de proyectiles, nunca fuera.

- Al momento de poner el cañón del arma de fuego dentro de la cámara de recuperación de proyectiles no sacarla por ningún motivo, si no hasta después de haber realizado los disparos.

- Tomar la posición correcta para el disparo.

5.4. Recuperación del proyectil

La recuperación del proyectil dentro de la cámara de recuperación inicia en el momento después de haber disparado el arma de fuego dentro de esta, cuando el material de frenado ejerce la fuerza de fricción debido a su densidad al proyectil que fue expulsado de la boca del cañón del arma de fuego deteniendo el proyectil. El proyectil detenido empezará a desplazarse hacia el fondo de la cámara de recuperación de proyectiles, la bomba hidráulica podrá ser encendida por medio de un interruptor ubicado en la misma, en consecuencia el proyectil será aspirado por la tubería y desplazado hacia el filtro que se encuentra en la parte posterior de la bomba hidráulica, que es de fácil acceso para el operario recuperando de una manera eficiente el proyectil o los proyectiles que se encuentren dentro de la cámara de recuperación de proyectiles.

5.5. Mantenimiento de la cámara

El mantenimiento de la cámara de recuperación de proyectiles debe ser periódicamente e inspeccionada por un control específico en donde se especifique los días en los que se harán inspecciones visuales de la cámara de recuperación de proyectiles. Ello determina si necesita un cambio preventivo o reparación de alguno de los elementos que conforman el equipo completo. Este control visual debe ser llevado a cabo por los operarios de la cámara de recuperación de proyectiles puesto que en todo momento son los que necesitan que el equipo esté en las óptimas condiciones para su correcta recuperación.

El mantenimiento de la bomba hidraúlica debe ser preventiva, teniendo rutas de inspección, detectando fallos en fase inicial para solucionarlos de inmediato, siendo estas inspecciones las siguientes:

- Inspección visual para detectar fugas en tuberías.
- Inspección visual para la detección de fugas en el sello del eje.
- Inspección del nivel de aceite en el cuerpo de rodamientos.
- Medida de temperatura en el cuerpo de rodamientos.
- Medida de temperatura en el cuerpo de rodamientos y motor.
- Inspección de ruidos y vibraciones excesivas en el cuerpo de rodamientos, en el acoplamiento de la bomba y en el motor de accionamiento.

- Comprobar el correcto caudal del agua de refrigeración al sello del eje, si existiese.

- Inspección visual del correcto estado general de conexiones eléctricas.

Para la extracción del material de frenado se debe utilizar un tubo de 5 pulgadas, por el que deben pasar los 1,40 metros cúbicos deeste material que se encuentra dento de la cámara de recuperación de proyectiles la cual debe ser reemplazada por el mismo volumen. El material que se desechará y no se podrá reutilizar debido a su alto contenido en plomo y residuos de la deflagración de la pólvora por lo que se considera contratar una empresa externa para el correcto desecho del material de frenado contaminado.

Para la limpieza interior de la cámara de recuperación de proyectiles se debe tomar en cuenta que la cámara de recuperación es plegable dentro de sí misma por lo tanto al desmontarla se podrá limpiar esta parte, utilizando los materiales e insumos recomendados.

CONCLUSIONES

1. Las lesiones identificativas de los proyectiles recolectados con la cámara de recuperación de proyectiles son las que se reproducen por las características de bajorrelieve y altorrelieve del ánima del cañón en el proyectil, las cuales son utilizadas para el posterior cotejo microscópico con indicios recolectados en escenas de crimen.

2. Al realizar disparos de prueba en los diferentes tipos de material de frenado se determinó el alcance, trayectoria, impacto, fuerza de los proyectiles y otros efectos sobre los mismos con la deformación sufrida o los efectos a causa de la fricción, definiendo que el agua es el material idóneo debido a su densidad constante, bajo coeficiente de fricción que evita la deformación y manchas a los proyectiles disparados.

3. La cámara de recuperación de proyectiles tendrá la forma geométrica de un cono plegable en sí mismo de 4 secciones de 0,60 cm de longitud cada una, con un total de longitud de 2,4 metros con los que es posible detener los proyectiles de armas de fuego de uso civil utilizados por la población guatemalteca. La cámara de recuperación de proyectiles tendrá dos bases con pilares movibles de 1,22 y 1,36 metros de altura siendo esta última la altura máxima de la cámara. El diámetro inicial del cono es de 0,6 metros y el diámetro al final de la cámara es de 1,1 metros. Esto será fabricado con acero austenítico 301 AISI calibre 26.

4. Los planos de la cámara de recuperación de proyectiles fue realizado de forma que sea fácil la reproducción de la misma.

RECOMENDACIONES

1. Al momento de utilizar la cámara de recuperación de proyectiles se debe verificar que tenga material de frenado, que los anclajes de los pilares estén correctos.

2. La cámara de recuperación de proyectiles debe tener el material de frenado indicado para evitar que algún proyectil de prueba sea dañado.

3. El operador debe tener el equipo de protección necesario y cumplir con la posición correcta de disparo para evitar lesiones.

4. Al momento de disparar se recomienda respetar el ángulo indicado para evitar lesiones al proyectil.

5. Respetar siempre los calibres soportados por la cámara de recuperación de proyectiles, para evitar daños a la misma.

6. Al realizarse el proyecto de forma física se debe tomar en cuenta los precios estimados no solo del material dentro de este trabajo, si no también los costos de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE, Carlos. *Principios del adiestramiento táctico*. España: ETS, 2015. 15p.

2. GUZMÁN, Tania. *Manual de Criminalística*. México: Ediciones La Rocca, 1998.145p.

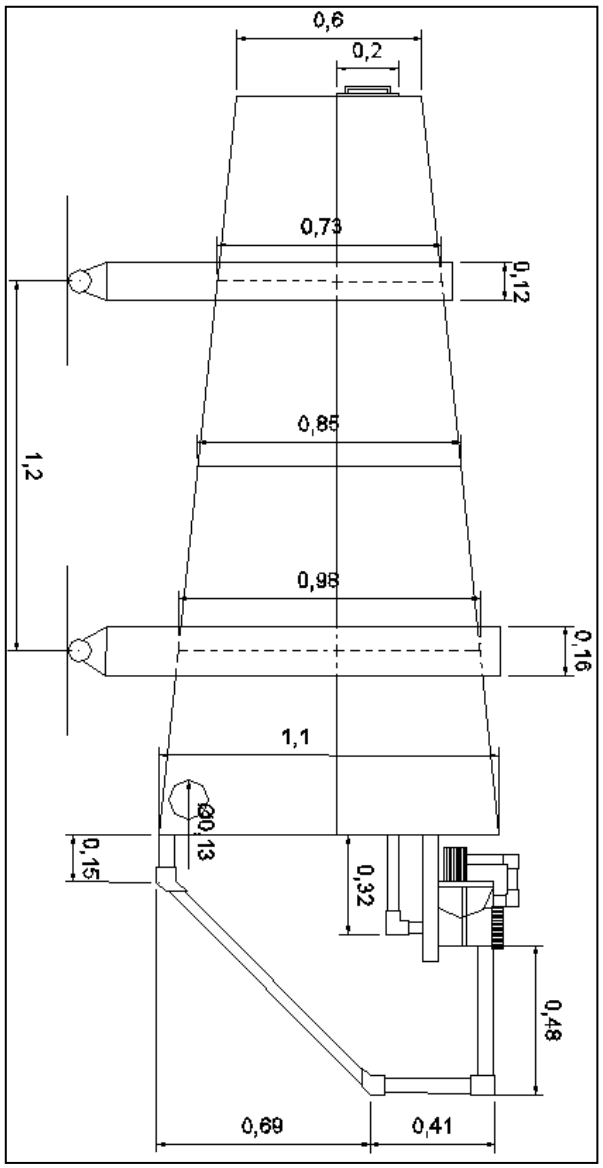
3. LOCLES, Raúl. *Tratado de balística*. México: La Ro, 2001, 220p.

4. MORENO GONZÁLEZ, Roberto. *Balística forense*. España: Porrua, 2003. 130 p.

5. VIDRIO, César. *Balística técnica y forense*. México: Ediciones La Rocca, 2007. 205p.

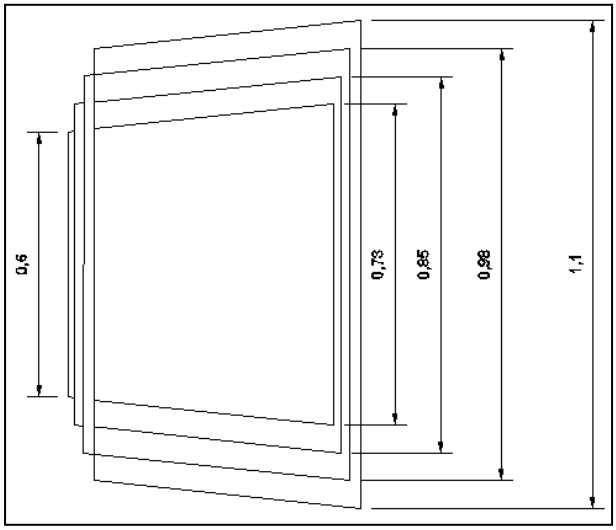
APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos de Construcción**

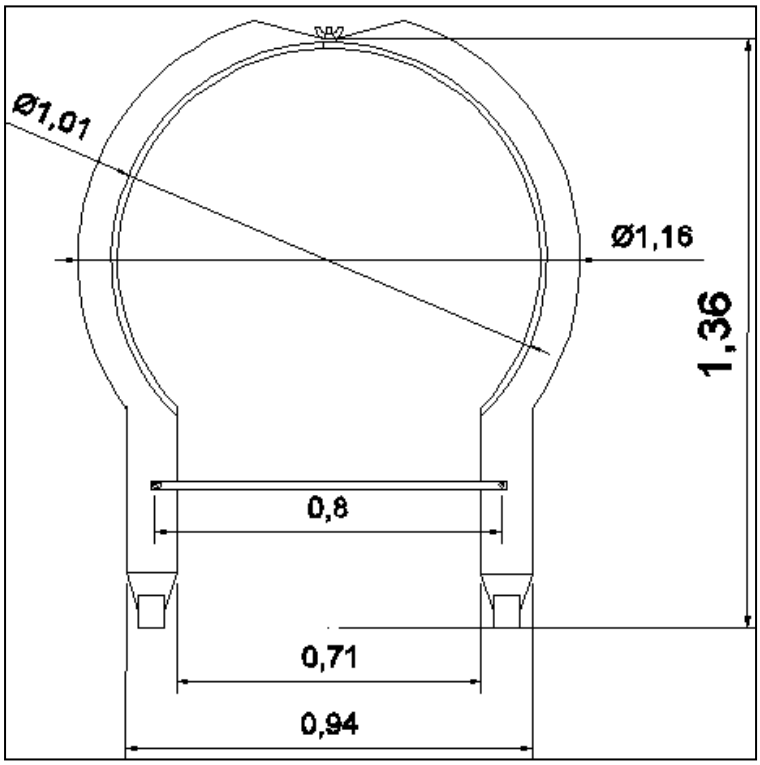


Plano lateral de la cámara de recuperación de proyectiles.

Continuación del apéndice 1.

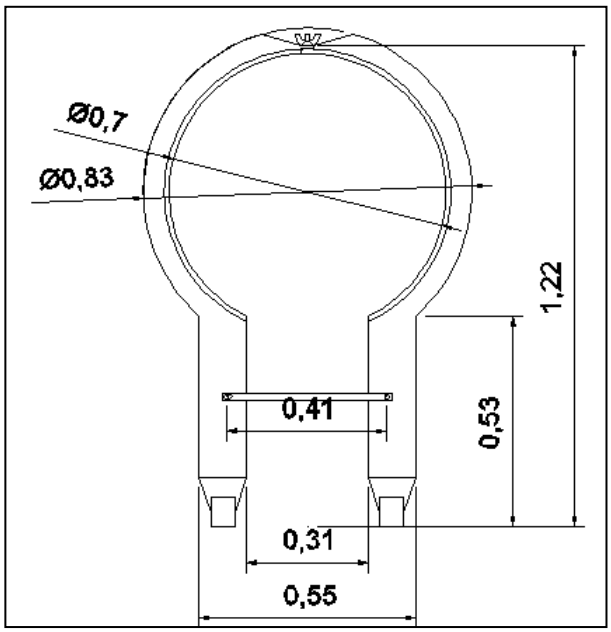


Plano lateral de la cámara de recuperación de proyectiles seccionada en sí misma.

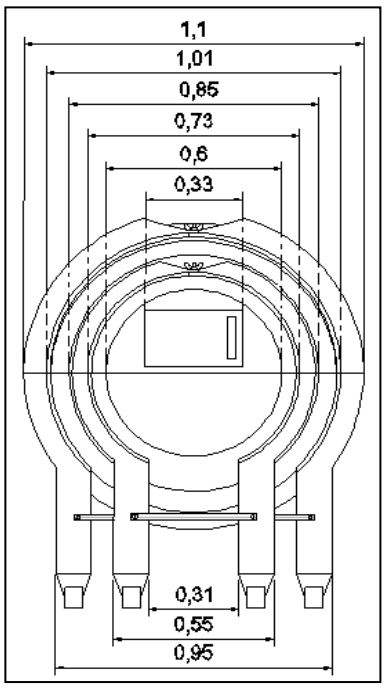


Plano frontal del pilar que está ubicado dentro de las secciones 3-4.

Continuación del apéndice 1.



Plano frontal del pilar que está ubicado dentro de las secciones 1-2.



Plano frontal de la cámara de recuperación de proyectiles.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Costo estimado del proyecto**

Número	Materiales	Cantidad	Especificación	Precio por unidad	Total
1	Placa de Acero	5	Las placas de acero AISI 301 serán utilizadas como material principal de la cámara de recuperación de proyectiles y para los pilares que sirven de ensamble para ésta.	Q3,400.00	Q17,000.00
2	Bomba hidráulica eléctrica	1	Será utilizada para extraer los proyectiles del fondo de la cámara de recuperación de proyectiles.	Q8,600.00	Q8,600.00
3	Tubería de extracción PVC de 3/4	1.5	La tubería será utilizada para que el material de frenado (agua) haga circular al proyectil hacia el filtro de la bomba hidráulica eléctrica.	Q10.00	Q15.00
4	Rueda industrial de acero inoxidable con banda de goma de 3"	4	Las llantas estaran debajo de los pilares sosteniendo vibraciones afectadas por los disparos que se realizarán dentro de la cámara de recuperación de proyectiles.	Q35.00	Q140.00
5	brimiento interior de los pi	4	Este recubrimiento se utilizará para evitar el roce de los metales entre los pilares y la cámara de recuperación de proyectiles.	Q25.00	Q100.00
6	Fabricación	1	La fabricación incluye mano de obra junto con las horas hombre.	Q10,000.00	Q10,000.00
					Q35,855.00

Fuente: elaboración propia.