



Universidad del Aconcagua  
*Repositorio Institucional*

## Impactos balísticos en acrílico de alto impacto

---

AUTOR/ES

VICENCIO, EDUARDO VICENTE

DIRECTOR

ESCUADERO, JOSE GUSTAVO

TIPO DE TRABAJO

TESINA

AÑO

2013

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital,  
Repositorio Institucional de la Universidad del Aconcagua (UDA)

# UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA



Facultad de Psicología

Licenciatura en Criminalística

# Tesina

## **Tema General:**

“Impactos balísticos en acrílico de alto impacto”.

**Autor:** VICENCIO, Eduardo Vicente.

**Director de Tesina:** Lic. ESCUDERO, José Gustavo.

**MENDOZA**

**2013**

## **RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El objetivo del presente trabajo tuvo como origen determinar el ángulo de incidencia con el cual un proyectil penetra un blanco de acrílico de alto impacto a través de los indicios dejados en el mismo, y si estos podían variar entre un proyectil de punta ojival y uno tronco – cónico.

Para tal fin, se empleo un arma de fuego de tipo pistola semiautomática calibre 9mm, marca FM Hi – Power, con munición Luger y ambos tipos de proyectiles mencionados.

La experiencia consistió en disparar los dos tipos de proyectiles contra el material en estudio comenzando con incidencias del proyectil a 90° hasta llegar a los 30°, posterior a cada uno de los disparos se registró las características particulares obtenidas en la superficie de cada probeta, volcando estos datos en una planillas de recolección, divididas en tres categorías: orificio, bisel y fracturas radiales; para su posterior análisis.

Analizados el daño causado, permite confirmar el ángulo de incidencia y el tipo de proyectil utilizado, además las fracturas radiales producto del paso del proyectil, son una herramienta indispensable y de suma importancia para establecer el sentido de la trayectoria.

**PALABRAS CLAVE:** Ojival, tronco cónica, acrílico de alto impacto, incidencia, balística

## **SUMMARY OF THE WORK OF INVESTIGATION**

The Aim of the present work had as origin determine the angle of incident with which a missile penetrates a white of acrylic of high impact across the indications left in the same one, and if these could change between a missile of ogival top and one trunk - conical. For such an end, I use an arma de fuego of type semiautomatic pistol calibrates 9mm, there marks FM Hi - Power, with ammunition Luger and both types of mentioned missiles. The experience consisted of shooting both types of missiles at the material in study beginning with incidents of the missile  $90^\circ$  up to coming to the  $30^\circ$ , after to each of the shots one registered the particular characteristics obtained in the surface of every manometer, overturning this information in one schedules of compilation, divided in three categories: orifice, bevel and radial fractures; for his later analysis. Analyzed the damage caused, it allows to confirm the angle of incident and the type of used missile, in addition the radial fractures product of the step of the missile, they are an indispensable tool and of supreme importance to establish the sense of the path.

**KEY WORDS:** Ogival, trunk conical, acrylic of high impact, incident, ballistics

## Contenido

RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	4
SUMMARY OF THE WORK OF INVESTIGATION	5
AGRADECIMIENTOS	9
INTRODUCCIÓN	10
PROBLEMÁTICA	13
OBJETIVOS	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Hipótesis de trabajo	14
ANTECEDENTES	18
Marco Teórico y Conceptual	21
1 Balística Forense y sus ramas	21
3 Bisel	21
4 Fractura Radial	22
5 Ángulo de incidencia.	22
7 Energía Cinética.	22
8 Elasticidad y Deformación.	22
9 Peritaje en Distintas Superficies	23
10 El acrílico	24
Metodología de la Investigación	27
Tipo de investigación:	27
Análisis de Resultados	35
ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
Datos obtenidos proyectil ojival	36
Ángulo de incidencia de 90°	36
1 - Análisis de Orificio	36

2 - Análisis del Bisel:	37
3 - Fracturas Radiales	39
Ángulo de incidencia de 60°	41
1 - Análisis de Orificio	41
2 - Análisis del Bisel:	42
3 - Fracturas Radiales	44
Ángulo de incidencia de 30°	47
1 - Análisis de Orificio	47
2 - Análisis del Bisel:	48
3 - Fracturas Radiales	49
Datos obtenidos proyectil tronco cónico	52
Ángulo de incidencia de 90°	52
1 - Análisis de Orificio	52
2 - Análisis del Bisel:	53
3 - Fracturas Radiales	55
Ángulo de incidencia de 60°	57
1 - Análisis de Orificio	57
2 - Análisis del Bisel:	58
3 - Fracturas Radiales	60
Ángulo de incidencia de 30°	62
1 - Análisis de Orificio	62
2 - Análisis del Bisel:	63
3 - Fracturas Radiales	64
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	68
Orificios	68
Bisel	72
Fracturas Radiales	75

CONCLUSIONES	79
ORIFICIO:	79
BISEL	80
FRACTURAS RADIALES	81
Hipótesis:	83
Aportes de la investigación a la Ciencia Criminalística.	84
Referencias Bibliográficas.	85
ANEXO I	87
Tabla de recolección de Datos Projectiles Ojivales	87
ANEXO II	91
Tablas de Recolección de Datos Projectiles Tronco Cónicos	91
ANEXO III	95
Diagramas de Flujos	95
ANEXO IV	100
Fotografías	100

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradeciendo desde el fin de la carrera hacia el inicio, agradezco al Licenciado José Escudero, quien ha sido el motor y sostén en este trabajo final, aconsejándome y enseñándome en todo momento como debe trabajar un profesional.

A mis amigos, que a esta altura de mi vida son mis hermanos, que desde el inicio de la elección de la carrera hasta la elaboración del este trabajo final estuvieron acompañándome.

A Corel Peñaranda, con quien realicé las experiencias para el análisis del presente trabajo, y aportó en gran medida para que esta materia pendiente en mi vida llegara a finalizar.

A mi mujer Mariela, mi hijo Ignacio, y a mi segundo hijo que viene en camino, quienes me apoyaron incondicionalmente, me dieron las ganas y el compromiso para retomar mis estudios, me ayudaron para que pudiera organizarme y terminar el trabajo final, aguantando mis cambios de humor y ansias por concluir después de muchos años.

A mis compañeros de trabajo y superiores jerárquicos, actuales y pasados, por brindarme su confianza y apoyo en momentos que necesité para la elaboración del trabajo.

A mis compañeros de facultad, quienes estuvieron en a mi lado a lo largo de toda la carrera, y hoy en día siguen siendo muy buenos amigos.

A mi hermano y su familia, quienes siempre están a mi lado en cada paso que doy en la vida.

Y por último, a mi mamá y mi papá, quienes me brindaron su confianza y apoyo, en todas las decisiones que he tomado, cuando elegí esta hermosa carrera, y son los pilares en los que baso cada paso que doy en mi vida.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo se reconocerán características que imprimen los proyectiles 9mm de punta ojival y tronco cónica, al tomar contacto con una superficie resistente como es el acrílico de alto impacto

Por tal motivo se realizará una investigación metodología de alcance descriptivo, y cuyo diseño será experimental. Se utilizarán 150 probetas de acrílico de 3mm de espesor sobre las que se realizarán disparos con pistola calibre 9mm a diferentes ángulos de incidencia (90°, 60°, y 30°), con cada tipo de proyectil, analizando características particulares impresas.

Con este análisis se pretende reconocer que tipo de proyectil atravesó las placas de acrílico de alto impacto, y con qué ángulo de incidencia lo hizo sobre el material en estudio.

En el primer capítulo, se realiza el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la hipótesis y las variables.

En el segundo capítulo se presentan los antecedentes y el marco teórico.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de trabajo, la cual consiste en un estudio exploratorio y descriptivo, la selección del arma, de la superficie de impacto, la munición, la distancia y los ángulos de incidencia establecidos para cada disparo, la metodología propiamente dicha, la muestra del trabajo de investigación y los elementos utilizados para la experiencia.

En el cuarto capítulo se despliega el análisis de los resultados de la experiencia de disparo que se realizó en cada una de las series de ángulos de incidencia estudiados.

En el quinto capítulo se debaten los resultados que surgieron de las variables cuantitativas y cualitativas.

En el sexto capítulo, se expresan las conclusiones, la resolución del problema de investigación, el aporte del trabajo de investigación a la ciencia criminalística, las referencias bibliográficas y el anexo con las tablas de las características de los orificios generados por ambos tipos de proyectiles en los distintos ángulos de incidencia.

El presente trabajo de investigación llevará a delimitar el tipo de proyectil utilizado, ojival o tronco cónico, y determinar el ángulo de incidencia del mismo al momento que toma contacto con la superficie de acrílico, para elaborar hipótesis sobre la posición del tirador al momento de efectuar el disparo.

# CAPÍTULO I

Planteamiento de Problema, Objetivos e Hipótesis de Trabajo

## *PROBLEMÁTICA*

Hoy en día el uso de acrílico se va incrementando en reemplazo del vidrio por sus propiedades ya que éste, respecto al vidrio, es más transparente y posee una resistencia tres veces mayor a la del vidrio. Además entre las propiedades y características del acrílico este es un material que es utilizado para realizar artículos para exteriores, por poseer aditivos que rechazan la radiación ultravioleta. Es por ello que es utilizado en cartelería, señalización, como reemplazo de parabrisas y vidrios para automóviles, fabricación de muebles, como así también por sus características es una opción efectiva en la reconstrucción cráneo facial. Por estos motivos comprendemos que es posible hallar efectos balísticos en el mismo ya que se encuentra en todo tipo de elementos de la vida cotidiana. Mientras el acrílico va aumentando su presencia, la bibliografía balística todavía no ha profundizado en la descripción de características de la interacción de un proyectil de arma de fuego con el polimetilmetacrilato, y frente a la falta de referencia bibliográficas e investigaciones resulta complejo determinar la posible trayectoria del proyectil con fines de identificar la posible posición del arma empleada, y tipo de proyectil utilizado.

El perito en balística forense debe determinar a través de los indicios obtenidos, la posición de la víctima, distancia aproximada de la boca de fuego con la superficie de contacto del proyectil, y trayectoria de este en el espacio desde que abandonó el ánima del cañón, para determinar la posible posición del tirador, lo cual debe ser fundamentado con el máximo rigor técnico posible. De tal manera, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el ángulo de la trayectoria incidente (T. I.) y tipo de proyectil utilizado, debido a que en la actualidad se utiliza en forma supletoria estudios realizados sobre vidrios, ya que la bibliografía indica que poseen las mismas propiedades físicas, lo cual es rotundamente incorrecto, debido a la diferencias en cuanto a su composición y las aparentes divergencias entre el comportamiento de ambas superficies, pudiendo llevar a conclusiones erróneas.

De lo expuesto nace la discusión sobre la utilización de estudios realizados en vidrio para determinar la trayectoria de un proyectil que impacta sobre acrílico, surgiendo el siguiente problema:

¿Cómo son las características particulares impresas por un proyectil de arma de fuego al tomar contacto con un blanco de acrílico, frente a distintos tipos de proyectiles y ángulos de incidencia?

## OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Determinar características producidas por proyectiles de arma de fuego calibre 9mm, de punta tronco cónica y punta ojival, al impactar en acrílico de alto impacto.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar características comunes para impactos con proyectiles de punta tronco cónica y punta ojival.
- Diferenciar las características producidas por proyectil 9mm punta tronco cónica y punta ojival al impactar en acrílico de alto impacto.
- Analizar la influencia del ángulo de incidencia en las características del orificio producido en el blanco.

### **Hipótesis de trabajo**

El estudio de signos del paso del proyectiles 9mm ojival y tronco cónico en placas de acrílico de alto impacto de 3mm de espesor permite establecer el ángulo de la trayectoria del incidente.

### **Variables**

Las variables utilizadas en el presente trabajo, fueron de carácter cuantitativo y cualitativo:

**Variable Cualitativa:**

Aspecto de las fracturas radiales: Se detallará la longitud máxima y mínima de fracturas radiales, y posicionamiento de las mismas.

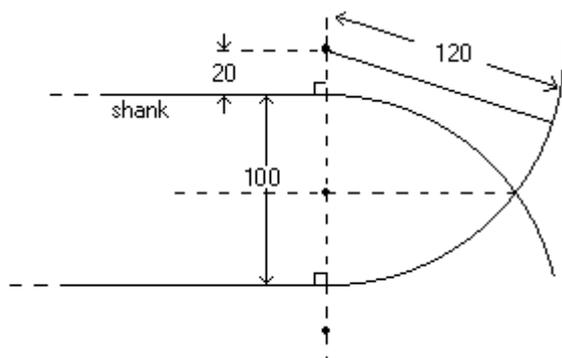
**Variable Cuantitativa:**

Principal

Ángulo de incidencia: Es el determinado por la trayectoria del proyectil y el plano que forma la superficie de contacto. Es medido en grados. Esta variable es de carácter Independiente, ya que el experimentador la modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables.

Tipo de proyectil:

Punta Ojival presenta, como su nombre lo indica, forma de ojiva la cual es una figura compuesta de dos arcos de círculo iguales que tienen sus centros en una misma recta y se cortan en uno de sus extremos formando un ángulo curvilíneo.



Punta troncocónica: En estos proyectiles la ojiva propiamente dicha no existe ya que su diseño responde a un formato de cono truncado, presentando su punta un plano perpendicular a su eje de simetría

Secundaria

Longitud de los ejes mayores y ejes menores del orificio de entrada: Determinada por la figura que forma la perforación del blanco, que es gestada por el impacto del proyectil. Es medida en milímetros. Esta variable es dependiente, porque toma valores diferentes en función de las modificaciones que sufre la variable independiente.

Ancho máximo y mínimo del bisel:

Medido en milímetros. Variable de carácter dependiente.

Distribución de las fracturas radiales:

Se contabiliza la cantidad de fracturas radiales por cada posición horaria.

Variable de carácter dependiente.

# CAPÍTULO II

Antecedentes, Marco Teórico y Conceptual

## **ANTECEDENTES**

Ferreyro (2007), realizó investigaciones sobre impactos balísticos sobre vidrio, madera y metal, relacionando los efectos observados en vidrio con otras superficies similares que posean las mismas propiedades físicas como es el acrílico. Asimismo indicó que para la determinación del sentido de la fuerza “...es necesario analizar la concentración de fracturas radiales y concéntricas. La agrupación mayor de ellas indica que el proyectil proviene de la zona contraria. Siguiendo con Ferreyro (2007) sostiene que el orificio generado en la parte anterior del elemento al ser de menor tamaño, puede llegar a determinar el diámetro del proyectil actuante, a no ser que el mismo hubiere sufrido deformación al tomar contacto con la resistencia elástica del vidrio, logrando atravesar posteriormente con su ojiva ampliada y peor aún, deformado, o que por agentes externos como el movimiento posterior del vidrio o el viento hubiera desprendido parte del material.

Vidrio (2007), señaló sobre impactos en estructuras metálicas:

En el caso de examinar vehículos baleados, sería sencillo determinar la dirección de los disparos, pues la proyección de los bordes, en los orificios producidos por las balas, son muy evidentes en láminas metálicas, inclusive de otros materiales, como fibra de vidrio, acrílico y triplay, por lo que fácilmente se pueden establecer cuáles son los orificios de entrada y cuáles los de salida. (Vidrio, 2007, Pág. 420)

El mismo autor afirmó que en impactos en cristales, cuando se aplica una fuerza, su elasticidad inicial se encuentra del lado opuesto al que actúa la misma. Una vez que la elasticidad haya sido excedida en su límite de resistencia, se originan las fracturas radiales que se observan en forma de trazos irregulares que se distribuyen longitudinalmente sobre la superficie del cristal. Secundariamente se producen las fracturas concéntricas. Cada fractura corresponde a un deterioro de la superficie bajo tensión, con el cráter siguiendo una proyección contraria a la de aplicación de la fuerza, donde la superficie opuesta al impacto se rompe primero, provocando una fractura de mayor dimensión.

Torres (2012) estableció las propiedades del acrílico. Señaló que la resistencia a la fractura que presenta el mismo, presenta una tabla de pruebas de impacto de un proyectil “se descubre que varios espesores de acrílico tienen un mayor grado de resistencia que varios tipos de vidrios”.

Burke y Rowe (1992) obtuvieron conclusiones importantes respecto del comportamiento de los proyectiles frente a los impactos. En el trabajo destaca que a cada tipo de superficie le corresponde un ángulo crítico de incidencia por debajo del cual los proyectiles al impactar rebotan. Por encima de este ángulo los proyectiles se desintegran o perforan la superficie de impacto.

Maroto (26/06/12) habló sobre los efectos balísticos en vehículos utilizando datos balísticos de la DEA / New York Firearms Unit – NYFU, donde se observan los ángulos de disparo de mayor efectividad para asegurar su penetración dentro del habitáculo.

Locles (2005), por su parte aseguró que:

Un dato importante a tener en cuenta para determinar el sentido del proyectil que impactó sobre el vidrio, lo constituye el hecho de que los restos del vidrio que se desprenden del orificio hecho por éste, se ubicarán en el lado opuesto al lugar desde donde se originó el disparo. (Locles, 2005, Pág. 173).

Luego describió las principales características dejadas por el proyectil sobre el orificio de entrada:

A boca de jarro o quemarropa: se produce un orificio mucho mayor que el diámetro del proyectil, porque actúan sobre la zona los gases que salen por la boca de fuego (...) presentan roturas radiales, y próximas al orificio, fracturas concéntricas.

A corta distancia: (...) bordes del orificio de entrada muy afilados y agudos, y un bisel del lado de adentro, es decir del lado opuesto a la entrada (...)

A muy larga distancia: (...) las puntas que bordean inmediatamente el orificio no son tan afiladas ni agudas. También se observa en el orificio de entrada una mayor magnitud en su parte inferior, por cuanto el proyectil está bajando (...) (Locles, 2005, Pág. 173-175)

Vicencio (2009), abordó una investigación sobre los efectos producidos en una superficie sólida con dos tipos de proyectiles, punta perforada y ojival, en el que arribó

a que un proyectil punta perforada produjo un aumento en la superficie de contacto, ocasionando una mayor disipación de energía, demostrando que la expansión de la punta se produce en forma rápida, luego de ingresar unos pocos milímetros, al contrario de un proyectil ojival que pasa dejando el diámetro del proyectil utilizado.

Guevara (2010), realizó un estudio sobre “determinación de la boca de fuego” a través del ángulo de incidencia en disparos efectuados con proyectil ojival en superficies metálicas. Determinó que en cuanto al aspecto del orificio varía claramente según se modifica el ángulo de incidencia. Indica que se han podido definir en forma amplia dos grupos: para los orificios generados con proyectiles incidentes a 50, 60 y 70 grados conformaciones *piriformes* cuya máxima expresión se advierte en el ángulo de 70 grados; mientras que en las pruebas realizadas a 80 y 90 grados los orificios han adoptado formas *ovoides*.

Según el Tratado de Criminalística en su Tomo II (1983), se obtuvo conclusiones determinantes sobre el *estudio físico de las roturas de vidrios*, en donde se pudo determinar la dirección de la fuerza, sentido de la misma, su intensidad y cronología frente a roturas varias.

Peñaranda (2013), investigó los signos generados en orificios de blancos acrílicos causados por proyectiles de arma de fuego de distintos ángulos de incidencia usando munición de punta ojival. Concluye que a partir de las características encontradas en el orificio, bisel y fracturas radiales, no se puede establecer el ángulo de incidencia mediante el análisis de un solo signo. En algunos casos la combinación de ellos permite acotar a un rango de ángulos la trayectoria incidente.

## **Marco Teórico y Conceptual**

### **1 Balística Forense y sus ramas**

Según Fuertes Rocañin, Cabrera Forneiro y Fuertes Iglesias (2007) la Balística es la ciencia que “...estudia el movimiento de los proyectiles disparados por las armas de fuego, sus trayectorias y los efectos que producen...”

De acuerdo al concepto referido precedentemente, la balística forense se divide en tres capítulos: Balística interior, Balística exterior y Balística de efectos de las cuales profundizaremos solo dos a los fines del presente trabajo.

Por Balística Exterior se entiende:

El estudio del movimiento de la bala en la atmósfera, desde que abandona el ánima hasta que alcanza el blanco. Cuando el proyectil sale de la boca del arma, con una cierta velocidad inicial, recorrería una trayectoria recta indefinida, con movimiento uniforme (velocidad constante), si no estuviese sometido a dos fuerzas: la gravedad y la resistencia del aire, que le obligan a seguir una trayectoria curva, con movimiento retardado (velocidad decreciente) (Somoza, 2004)

No obstante por Balística de Efectos se considera “...el segmento de trayectoria que va desde el orificio de entrada (OE) al orificio de salida (OS), teniendo en cuenta que puede ser sobre un cuerpo animado o inanimado.” (Locles, 2000 p.105).

### **3 Bisel**

Corte oblicuo en el borde o en la extremidad de una lámina o plancha, como en el filo de una herramienta, en el contorno de un cristal labrado, etc.

El bisel es una sección del cráter, o cono de desprendimiento, definido como: “... el desprendimiento de las astillas que quedaron sueltas al estirarse y contraerse el

material por impulso del proyectil, cuyo cuerpo ocasionó el orificio a través del cual pasó, o no”. (Ferreyro 2007 p. 47).

#### **4 Fractura Radial**

Presentan forma de radios, a veces serpenteantes. Se originan en el punto de impacto y son las primeras en producirse. Estas se forman en la cara opuesta a la que recibe el impacto, (el proyectil presiona sobre la cara impactada, curvando el cristal y sometiendo a una mayor tensión la cara opuesta, que se agrieta formando fracturas radiales.

#### **5 Ángulo de incidencia.**

Ángulo de llegada o incidencia (I). Es el ángulo formado por la tangente a la trayectoria en el punto de llegada con la superficie del terreno o del blanco. (Mora, 2008).

#### **7 Energía Cinética.**

Por física sabemos que la  $E = \frac{1}{2} m \times v^2$ , siendo E la energía, m la masa y v la velocidad, fórmula que aplica a un proyectil en movimiento, indica que cuanto más velocidad lleva éste, más energía es capaz de transportar (Mora, 2008)

##### **7.1 Velocidad remanente y fuerza viva**

La velocidad remanente es aquella que lleva el proyectil en cualquier parte de la trayectoria y siendo la misma inversamente proporcional a la distancia que recorre. La fuerza viva, en cambio, es la capacidad que tiene el proyectil para penetrar, dependiendo de la velocidad remanente y de su propio peso. Cuanto mayor es la distancia entre la boca del arma de fuego y el blanco, menor es la penetración, ya que el proyectil pierde velocidad y fuerza manteniendo el peso constante. (Locles, 2000 p.113).

#### **8 Elasticidad y Deformación.**

A la hora de analizar un material, el cual ha sido impactado por un proyectil, se debe tener en cuenta las propiedades mecánicas de este. Los físicos Ramos y Estrella (2009) define la elasticidad y deformación de la siguiente manera, “...es la deformación de un sólido a la variación de sus dimensiones y volúmenes que, como consecuencia, modifican su forma...”.

Ahora bien, en algunos casos, como en la compresión o elongación en todos los sentidos, se conserva la forma del cuerpo. La deformación se lleva a cabo por una variación de la temperatura o por las fuerzas externas que actúan sobre el sólido, provocando un desplazamiento de las partículas que unen las redes cristalinas de los sólidos, desde sus posiciones iniciales de equilibrio hasta otras nuevas, oponiéndose a estas fuerzas de interacción de las partículas, lo que hace que en el cuerpo deformado aparezcan fuerzas elásticas internas que equilibran las fuerzas externas aplicadas.

Siguiendo a Ramos y Estrella (2009) indica que “...la resistencia de un material a la deformación se determina midiendo su elasticidad: lo rígido que es y cómo se comporta cuando se le estira o comprime.”.

El esfuerzo máximo que resiste un material previo a adoptar una nueva forma permanente se denomina límite de elasticidad. La elasticidad se mide como la razón entre el esfuerzo y la deformación, en tanto la fuerza es el fuerza que actúa sobre un material, dividida por la superficie de aplicación de dicha fuerza, puede administrarse de tres formas distintas, siendo estas fuerza de tracción, cortante o de compresión, según Ramos y Estrella (2009) “El esfuerzo de tracción hace que un material se aleje o comprima, y el esfuerzo cortante hace que se tuerza, lo que altera su forma. En ambos casos los átomos o las moléculas componentes se dispersan al desplazarse de sus posiciones originales.”.

## **9 Peritaje en Distintas Superficies**

Al abordar cualquier trabajo pericial balístico Guzmán (2000) indica que en casos como el vidrio, se debe iniciar con la ejecución de disparos de experimentación con igual clase de vidrios y en condiciones análogas en todos los casos donde existan dudas técnicas, debido a que existe una gran variedad de los mismos, en tanto a su finalidad, espesor y distribución en marcos metálicos o de madera. A posteriori se debe determinar la dirección de la trayectoria del proyectil, de un solo lado del orificio se hallarán numerosas y pequeñas escamas de vidrio que han sido expulsadas con violencia obteniendo la misma una apariencia de volcán. Tal indicio demostrará que el proyectil provino del lado opuesto a la cara del orificio donde faltan las escamas. El resultado de la roturas serán trozos que se vuelven a armar a manera de rompecabezas y se apreciará que las fracturas originan una red consistente en líneas o rayos radiales que parten del centro (el orificio del proyectil), cruzados por líneas concéntricas. Las fracturas radiales preceden a las concéntricas, ya que como podrán apreciarse, las

líneas radiales son continuas y las concéntricas se encuentran interrumpidas en las intersecciones con las anteriores.

Valderrama (2007) indica en su estudio sobre impactos de calibre 9mm en fibra de vidrio/epoxi, que el comportamiento de los materiales varía según la velocidad del proyectil, comprobando que existe una variación abrupta del área aparente de daño, relacionada inversamente con la variación de energía, esgrimiendo que a mayor velocidad del proyectil menor es la transferencia de deformación al blanco impactado debido a que no puede ser absorbida.

## **10 El acrílico**

### **10.1 Descripción:**

Según la empresa Vamptech-Ibérica (12/04/12), productora de este material, indica que el acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos ("pellets" en inglés) o en láminas. Los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las láminas para termoformado o para mecanizado.

### **10.2 Propiedades:**

En referencia a las propiedades Vamptech-Ibérica expone que las del polimetilmetacrilato son:

- Transparencia superior al 92%. Es el más transparente de los plásticos.
- Resistencia a la intemperie y a los rayos UV.
- Fácil combustión. No produce gases tóxicos al arder.
- Facilidad de mecanización y moldeo.
- Excelente aislante térmico y acústico.
- Ligero con una densidad de 1190kg/m<sup>3</sup>.

### **10.3 Modificaciones:**

La empresa Vamptech-Ibérica aporta que el acrílico requiere materiales de refuerzo y aditivos funcionales

- Difusores (Df).

- Alta pureza para aplicaciones ópticas. (opg).
- Modificado al impacto (Zk).

#### **10.4 Aplicaciones:**

Para finalizar, la mencionada empresa productora, indica que las aplicaciones del material son utilizadas para:

Industria del automóvil, iluminación, cosméticos, lentes.

- Construcción.
- Óptica, medicina.
- Señalización, cartelería o expositores.
- Arquitectura y decoración

# CAPÍTULO III

Metodología de Investigación

**Tipo de investigación:**

- Según su metodología es cuantitativa.
- Según su alcance es descriptivo.
- Según su diseño es experimental

**1-Análisis descriptivo:**

Se describirán los signos característicos producidos en probetas de acrílico de alto impacto cuando son impactadas por proyectiles de punta tronco – cónica, y de punta ojival al tomar contacto con un blanco posicionado a distintos ángulos de incidencia.

Desde ahora en adelante para referirnos a punta tronco cónica se indicará con las siglas PTC, en tanto para proyectil ojival se utilizará PO.

**2-Selección de elementos:**

***2.1 Elección de la superficie de impacto.***

La superficie elegida es el acrílico de alto impacto transparente, también conocido como polimetilmetacrilato (PMMA), utilizado en la industria del automóvil, iluminación, cosméticos, espectáculos, cartelería, construcción, óptica, y reconstrucción cráneo facial entre muchas otras por sus características. Se llevará a cabo en 150 probetas de 150mm x 145mm de lado y 3mm de espesor.

***2.2 Elección del arma de fuego y la munición.***

La selección del arma de fuego y munición para el presente trabajo de investigación fue de un arma tipo pistola semi automática calibre 9mm marca Browning modelo Hi Power Asimismo se eligió cartuchos 9mm marca MAGTECH, con dos tipo de puntas diferentes, por un lado con PO de 124 grains, y por otro PTC de 147 grains

***2.3 Elección de la distancia de disparo.***

La distancia de disparo será reducida, a fin de lograr mayor precisión, mayor velocidad y energía al momento de impactar sobre el material seleccionado, de esta forma el contacto entre el proyectil y el blanco será totalmente perpendicular

imprimiendo mayores características propias en la superficie de contacto, logrando además descartar variables del medio ambiente. De tal manera la distancia elegida, será de 1,15 m para el presente estudio, ya que otras experiencias, como las de Guevara (2010) y Peñaranda (2012), se advierte como suficiente para evitar la influencia de los gases producto de la deflagración del arma.

#### ***2.4 Elección de los ángulos de incidencia.***

Los ángulos elegidos son de 30°, 60°, y 90°, éste ángulo está formado por la línea imaginaria trazada por la trayectoria del proyectil y la línea que forma el plano de impacto.

### **3-Explicación de procedimiento de la experimentación:**

La acción de disparos se realizó en un ambiente sin protección a los factores climáticos, como lo es el viento, por lo que no se realizó control sobre esta variable. De éste modo se seleccionó la distancia de disparo, así este factor ambiental sea despreciable por la corta trayectoria que realiza el proyectil al salir del ánima del cañón hasta llegar a impactar en la probeta.

Con un bastidor metálico se sostuvo la probeta de acrílico de alto impacto, a fin de otorgar a la misma fijación y resistencia al impacto recibido, de forma que las variables elegidas sean exactamente iguales del primer al último impacto recibido.

Del mismo modo se fijó el arma a un soporte metálico, utilizando el método de triangulación, para de este modo dejar el arma siempre a la misma distancia y nivel, quedando la boca del cañón orientada a igual dirección al blanco fijado en el centro de la probeta.

Se realizaron 25 impactos con proyectiles de punta ojival por cada ángulo elegido, y 25 disparos con proyectiles de punta tronco cónica por cada ángulo seleccionado, haciendo un total de 150 disparos, variando el ángulo entre los 90°, 60° y 30° girando las probetas en sentido antihorario.

Luego de realizar cada disparo se observó sobre la superficie el impacto recibido, posteriormente se retiró la probeta, se le colocó un rótulo identificatorio con testigo métrico para el ángulo incidente y número de disparo, para posteriormente ser colocadas en una caja de madera acondicionada con separadores para cada probeta, para su posterior traslado y análisis.

A posteriori cada probeta, siguiendo la técnica de Peñaranda (2013) fue fotografiada. Para ello se las que colocó sobre una mesa de copiado con una cartulina negra por debajo y luz rasante en ambos lados de la mesa (foco luz día 100 W). Se ubicó la cámara NIKON D – 40 sobre un soporte fijo y se tapó a la misma con otra cartulina negra, la cual solo dejaba a la vista el objetivo de la cámara, a fin de evitar el reflejo de esta sobre el acrílico. Cada fotografía fue obtenida con la siguiente configuración:

Operación: Manual

Distancia entre probeta y cámara: 25 cm

Diafragma: f.10

Velocidad: 1/10

ASAS: 200.

A continuación se confeccionó una tabla de recolección de datos en Microsoft Excel para cada ángulo de incidencia, separándose en tres grandes categorías: “orificio, bisel y fractura radiales”; sobre la que se recolectaron los datos emergentes de las características aportadas por las distintas probetas.

### **3.1 Orificio**

Variables Cuantitativas:

Longitud del eje horizontal y vertical: se tomó en milímetros.

Para describir el orificio se utilizó el método de fijación por disposición horaria, como lo es en un reloj de agujas, por lo cual el eje horizontal queda comprendido entre la unión de las horas 9 a 3, **eje que coincide con la dirección de la trayectoria**, y el eje vertical surge de igual manera entre la unión de las horas 12 a 6.

Para referirnos a eje vertical se utilizará la abreviatura EV, en tanto que para eje horizontal se utilizará EH.

### **3.2 Bisel:**

Variable Cuantitativa:

Se midió el ancho del bisel, el cual se produce como consecuencia de la pérdida de material gradualmente menos, desde el borde adyacente al orificio, hacia el borde distal del mismo bisel, momento en que la pérdida de

material concluye y se observa que el grosor de la probeta se mantiene en toda su integridad. Luego se verificó donde se encontraban los anchos máximos y mínimos en cada probeta.

### **3.3 Fracturas Radiales:**

Variable Cuantitativa:

Fracturas radiales: existen tres categorías diferenciadas, la fractura de menor longitud, la fractura de mayor longitud, las cuales son medidas en línea recta y radial desde el borde del orificio hasta donde finaliza la misma; y la última categoría es la cantidad de fracturas halladas por disposición horaria.

### **4 Elementos de la experiencia:**

Pistola semiautomática calibre 9mm, marca Browning modelo Hi power, número fabril 252484, con un cañón de 118 milímetros de longitud.



Munición calibre 9mm Luger Sub Magtech.



Munición calibre 9mm Luger Magtech



Calibrador Venier.



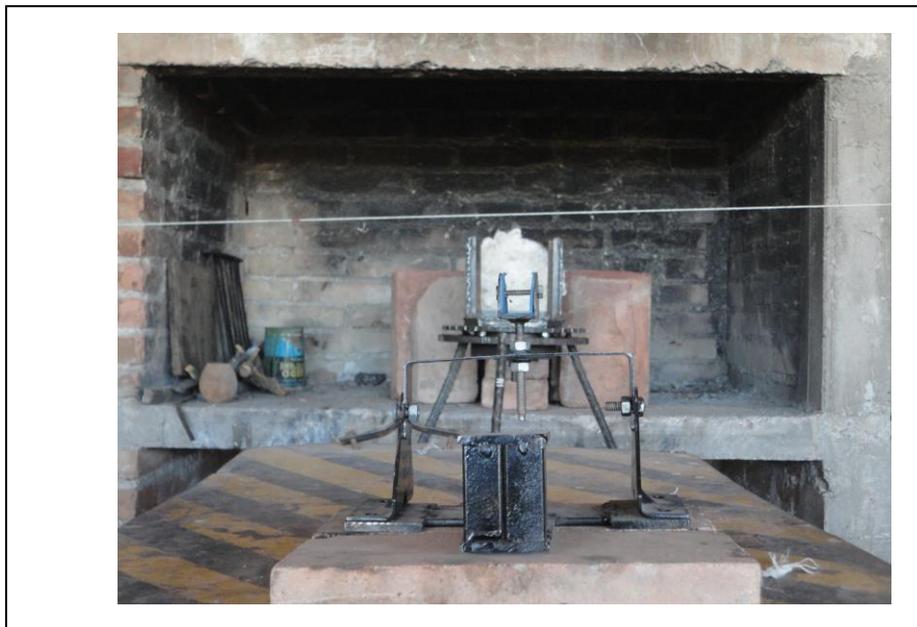
Soporte de probeta.



Soporte con graduación angular.



Probeta de acrílico de alto impacto, de 3mm de espesor y de 15cm por 14,5cm de dimensión, ubicada en el soporte graduado.



Soporte del arma.



# CAPÍTULO IV

Análisis de Resultados

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la serie de disparos efectuados en diferentes ángulos de incidencia se obtuvieron los siguientes resultados:

### Datos obtenidos proyectil ojival

#### Ángulo de incidencia de 90°

#### 1 - Análisis de Orificio

##### Eje Horizontal y Vertical:

mm	Horizontal			Vertical		
	fi	fri	fri%	i	fri	fri%
[10, 13)	0	0,00	0%	1	0,04	4%
[13, 16)	1	0,04	4%	0	0,00	0%
[16, 19)	1	0,04	4%	2	0,08	8%
[19, 22)	6	0,24	24%	9	0,36	36%
[22, 25)	11	0,44	44%	6	0,24	24%
[25, 28)	0	0,00	0%	3	0,12	12%
[28, 31)	2	0,08	8%	2	0,08	8%
[31, 34)	2	0,08	8%	2	0,08	8%
[34, 37)	1	0,04	4%	0	0,00	0%
[37, 40)	1	0,04	4%	0	0,00	0%
	25			25		

Tabla 90°- 1: Longitud de los ejes horizontales y verticales en milímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 16 tienen mayor longitud horizontal, 8 tienen mayor longitud vertical, y 1 es igual, no arrojando una marcada diferencia entre ambos ejes.

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 24,10mm. Se observó una longitud máxima de 39mm y una mínima de 15mm. Se halló el 68 % entre los 19mm y 25mm ([19, 22), [22, 25))

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 22,63mm, y se observó una longitud máxima de 32mm y una mínima de 12mm, el 60% se encontró entre los 19mm y 25mm [19, 25)

## 2 - Análisis del Bisel:

Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADISTICO													max	min
Posición	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
PROM	4,11	3,99	3,86	3,72	3,77	3,51	3,49	3,99	3,55	3,98	3,60	3,70	4,11	3,49
MAX	6,00	5,50	6,00	5,00	5,50	6,25	6,25	6,25	5,25	5,00	5,00	5,00	6,25	5,00
MIN	2,50	3,00	2,00	2,00	1,50	1,00	2,00	2,50	2,00	1,00	1,00	2,50	3,00	1,00

Tabla 90°- 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 4,11mm coincidiendo con la posición horaria 12, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 3,49mm coincidiendo con la posición horaria 6.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

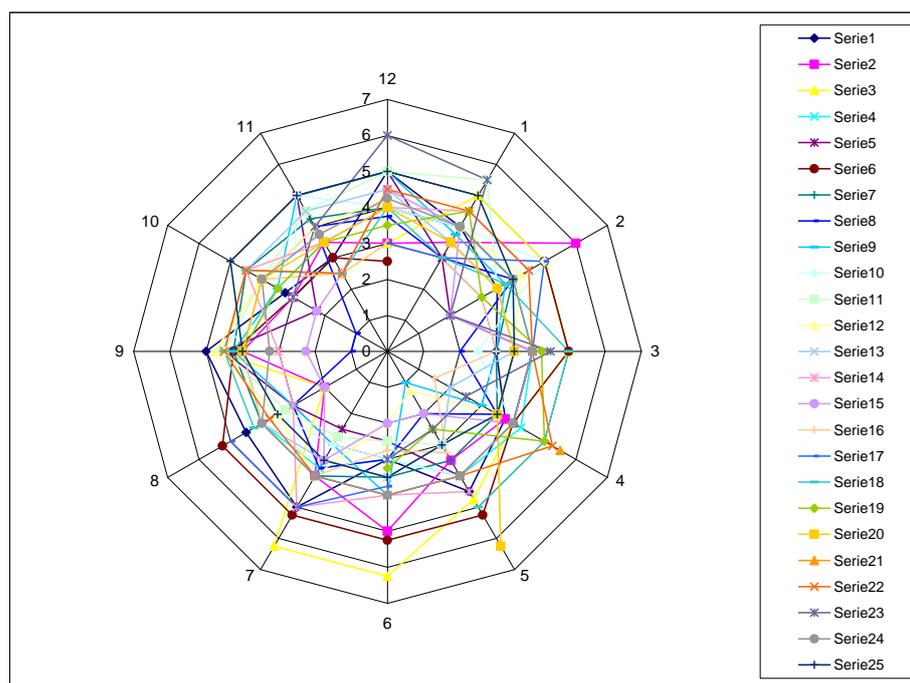


Ilustración 90°- 2: Longitud de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 6 y 7, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posiciones horaria 5 y 9/10.

### 3 - Fracturas Radiales

Ubicación de la longitud máxima y mínima:

	Posición	Max	%	Min.	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y mínima	12	1	4%	1	4%
	1	1	4%	2	8%
	2	0	0%	2	8%
	3	1	4%	3	12%
	4	7	28%	5	20%
	5	1	4%	2	8%
	6	1	4%	2	8%
	7	8	32%	0	0%
	8	4	16%	0	0%
	9	0	0%	1	4%
	10	1	4%	3	12%
	11	0	0%	3	12%

Tabla 90°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 7, con un total de 8 coincidencia, un 32% de los casos, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 4 en 5 probetas de un total de 25, es decir en un 20% de los casos.

El promedio para la longitud máxima es de 33,06mm, en tanto el promedio de la longitud mínima fue de 11,19mm

## Cantidad de Fracturas radiales



Ilustración 90°- 4: Cantidad de Fractura radiales por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 23 fracturas radiales coincidentes con la posición 11, y un mínimo de 9 coincidente con la posición horaria 6.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 8,29mm, observando de este modo un máximo de 10 y un mínimo de 6 fracturas radiales por probeta.

Ángulo de incidencia de 60°

**1 - Análisis de Orificio**

**Eje Horizontal y Vertical:**

mm	Horizon tal			Vertical		
	f <sub>i</sub>	f r <sub>i</sub>	r <sub>i</sub> %	i	r <sub>i</sub>	r <sub>i</sub> %
[10, 13)	2	0 ,08	%	2	,48	8%
[13, 16)	11	0 ,44	4%	3	,52	2%
[16, 19)	9	0 ,36	6%		,00	%
[19, 22)	1	0 ,04	%		,00	%
[22, 25)	2	0 ,08	%		,00	%
[25, 28)	0	0 ,00	%		,00	%
[28, 31)	0	0 ,00	%		,00	%
[31, 34)	0	0 ,00	%		,00	%
[34, 37)	0	0 ,00	%		,00	%
[37, 40)	0	0 ,00	%		,00	%
	5			5		

Tabla 60°- 1: Longitud del eje horizontal y vertical en milímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 24 tienen mayor longitud horizontal que vertical, y uno es mayor el vertical.

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 15,89mm, llegando a observar una longitud máxima de 22,5mm y una mínima de 12mm. Se halló el 80 % entre la frecuencia los 13mm y 19mm ([13, 16), [16, 19))

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 12,73, y se observó una longitud máxima de 15,75mm y una mínima de 10mm, el 52 % se ubicó en la frecuencia [13, 16) y el restante 48% en la frecuencia [10, 13)

## 2 - Análisis del Bisel:

### Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADÍSTICO													Max	Min
POSICIÓN	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
PROMEDIO	4,71	5,80	4,51	3,78	4,13	5,38	5,14	3,97	3,36	3,25	3,40	3,76	5,80	3,25
MAX	6,00	9,00	10,00	7,00	9,00	8,75	7,00	5,50	4,25	4,50	4,50	5,00	10,00	4,25
MIN	2,75	3,25	1,00	1,00	0,50	2,00	2,75	1,75	1,00	2,25	2,25	2,25	3,25	0,50

Tabla 60°- 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 5,80mm coincidiendo con la posición horaria 1, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 3,25mm ubicado en la posición horaria 9.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

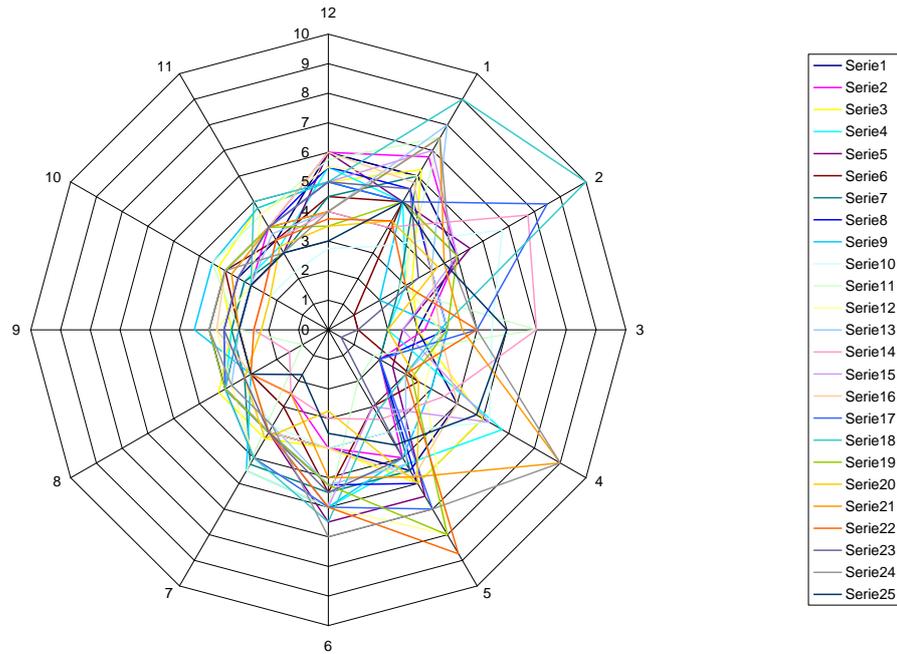


Ilustración 60°- 1: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 1 a 5, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posiciones 7 a 11

### 3 - Fracturas Radiales

#### Ubicación de la longitud máxima y mínima:

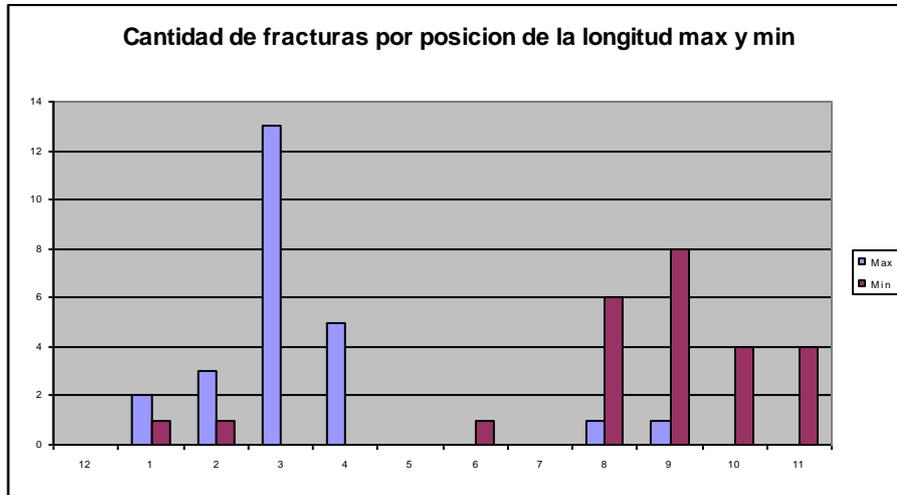


Ilustración 60°- 2: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

	Posición	Max	%	Min	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y mínima	12	0	0%	0	0%
	1	2	8%	1	4%
	2	3	12%	1	4%
	3	13	52%	0	0%
	4	5	20%	0	0%
	5	0	0%	0	0%
	6	0	0%	1	4%
	7	0	0%	0	0%
	8	1	4%	4	16%
	9	1	4%	9	36%
	10	0	0%	4	16%
	11	0	0%	4	16%

Tabla 60°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 3, con un total de 13 coincidencia siendo el 52%, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 9 en 6 llegando a un 36% del total.

En promedio se obtuvo que la longitud máxima es de 22,69mm, en tanto la mínima fue de 5,57mm

## Cantidad de Fracturas radiales

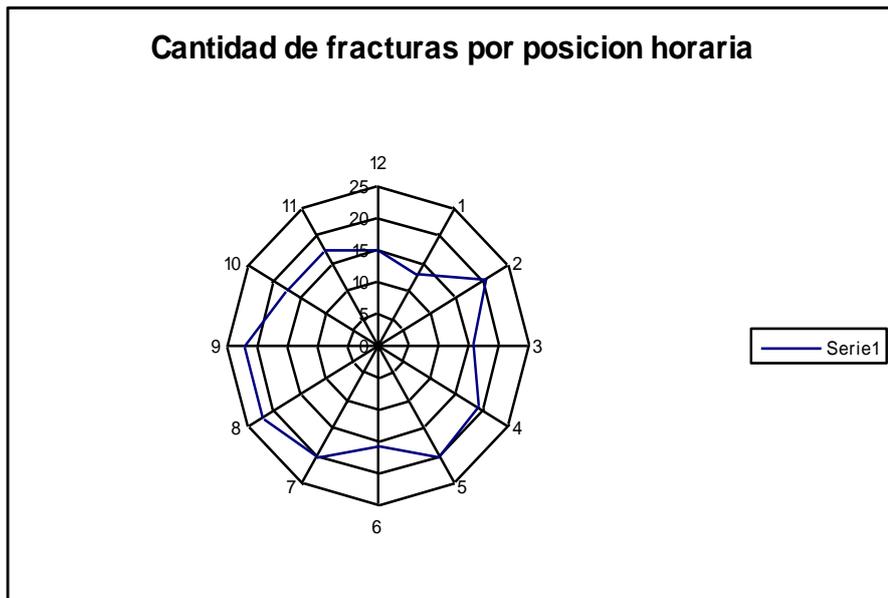


Ilustración 90°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 22 fracturas radiales coincidentes con las posiciones 8-9, y un mínimo de 13 coincidente con la posición horaria 1.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 8,72mm, de este modo se observó un máximo de 12 fracturas radiales y un mínimo de 6 fracturas radiales por probeta.

## Ángulo de incidencia de 30°

### 1 - Análisis de Orificio

#### Eje Horizontal y Vertical:

mm	Horizontal			Vertical		
	fi	fri	fri%	fi	fri	fri%
[10, 13)	0	0,00	0%	21	0,84	84%
[13, 16)	0	0,00	0%	2	0,08	8%
[16, 19)	0	0,00	0%	1	0,04	4%
[19, 22)	0	0,00	0%	1	0,04	4%
[22, 25)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[25, 28)	7	0,28	28%	0	0,00	0%
[28, 31)	15	0,60	60%	0	0,00	0%
[31, 34)	3	0,12	12%	0	0,00	0%
[34, 37)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[37, 40)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
	25			25		

Tabla 30°- 1: Longitud del eje horizontal y vertical en milímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 25 tienen mayor longitud horizontal que vertical

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 28,76mm, llegando a observar una longitud máxima de 35mm y una mínima de 25mm. Se halló el 100 % entre los 25mm y 34mm, divididos de la siguiente forma, frecuencia [28, 31) 60%, [25, 28) 28 % y el restante [31, 34) 12%

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 11,86mm, y se observó una longitud máxima de 21mm y una mínima de 9,5mm.

## 2 - Análisis del Bisel:

### Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADÍSTICO												
Posición	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Promedio	4,71	4,00	3,75	0,00	0,00	4,07	4,37	4,65	4,79	4,88	4,84	4,76
MAX	5,50	5,00	4,00	0,00	0,00	7,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,50	5,50
MIN	3,50	3,25	3,50	0,00	0,00	3,00	3,50	3,25	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabla 30°- 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 4,88mm coincidente con la posición horaria 9, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 3,75mm coincidente con la posición horaria 2.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

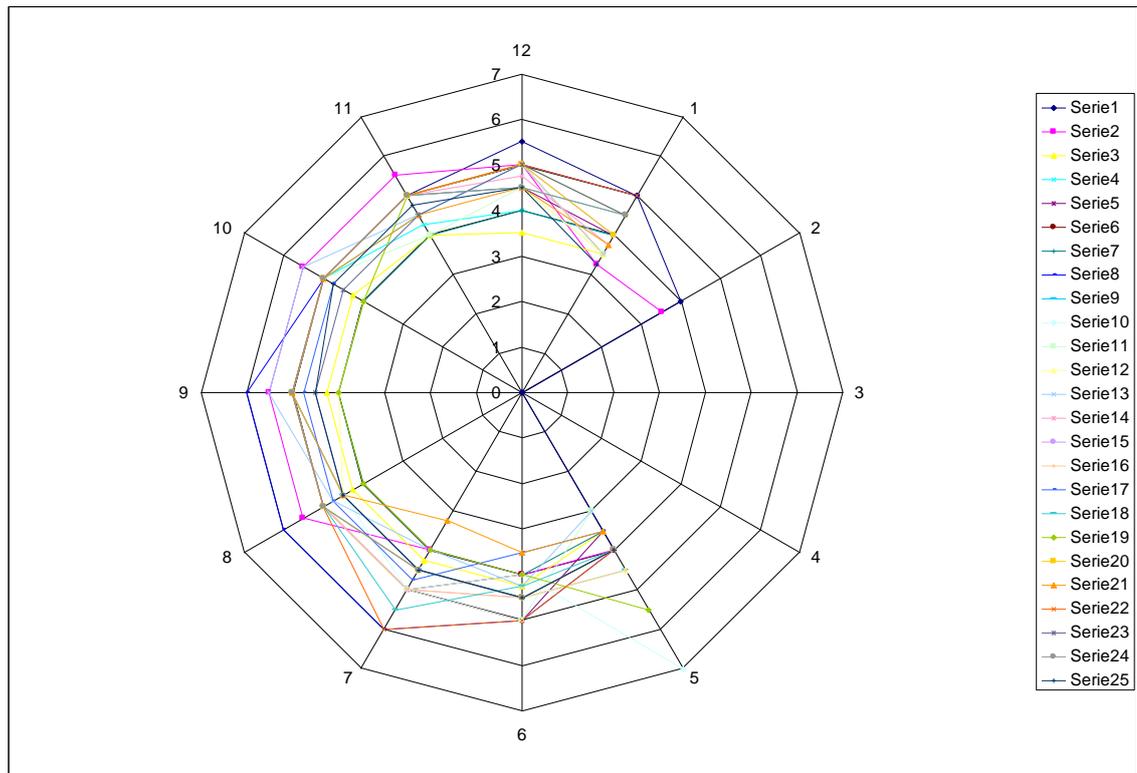


Ilustración 30°- 1: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 6 a 8, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posición horaria 1 y 5.

### 3 - Fracturas Radiales

#### Longitud máxima y mínima

La longitud máxima observada en el estudio de 25 probetas fue de 51,25mm coincidente con la posición horaria 8, y la longitud mínima fue de 4.25mm también coincidente con la posición horaria 8.

### Ubicación de la longitud máxima y mínima:

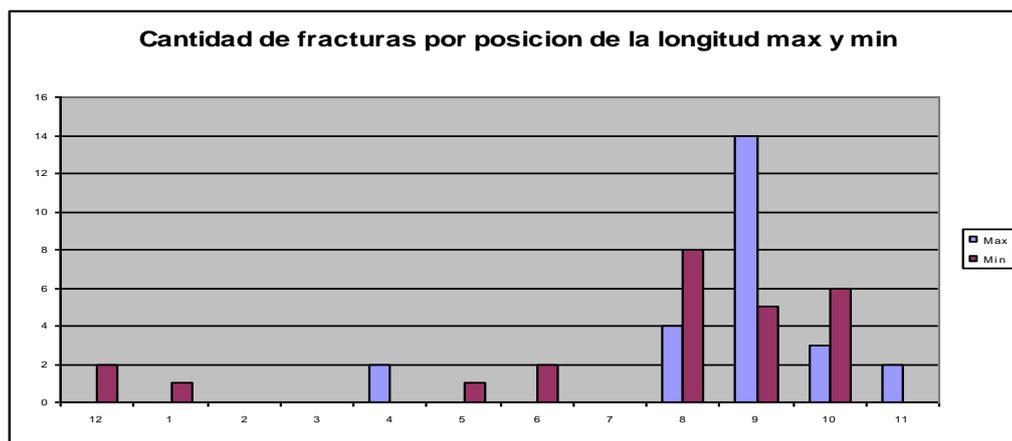


Tabla 30°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración Propia

	Posición	Max	%	Min	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y mínima	12	0	0%	2	3%
	1	0	0%	0	0%
	2	0	0%	0	1%
	3	0	0%	0	0%
	4	2	8%	0	0%
	5	0	0%	0	2%
	6	0	0%	2	5%
	7	0	0%	0	5%
	8	4	16%	6	24%
	9	14	56%	5	27%
	10	3	12%	6	23%
	11	2	8%	0	10%

Tabla 30°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 9, con un total de 13 coincidencia, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 8 en 7 probetas de un total de 25.

En promedio se obtuvo que la longitud máxima es de 28,36mm, en tanto la mínima fue de 6.61mm

### **Cantidad de Fracturas radiales**

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 25 fracturas radiales coincidentes con la posición 9, y un mínimo de 1 coincidente con la posición horaria 2.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 3,72, observando de este modo una máximo de 6 y un mínimo de 2 fracturas radiales por probeta, siendo la moda 8.

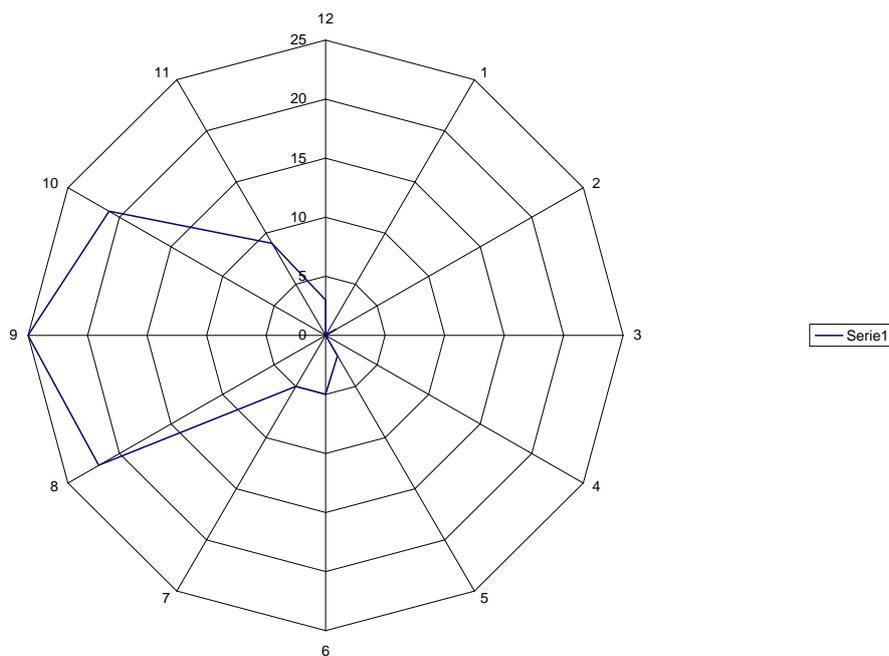


Ilustración 30° - 3: Cantidad de fracturas radiales por posición horaria

Fuente: Elaboración Propia.

Datos obtenidos proyectil tronco cónico

**Ángulo de incidencia de 90°**

**1 - Análisis de Orificio**

**Eje Horizontal y Vertical:**

mm	Horizontal			Vertical		
	fi	fri	fri%	fi	fri	fri%
[7, 10)	1	0,04	4%	2	0,08	8%
[10, 13)	7	0,28	28%	10	0,4	40%
[13, 16)	14	0,56	56%	12	0,48	48%
[16, 19)	0	0	0%	0	0	0%
[19, 22)	2	0,08	8%	1	0,04	4%
[22, 25)	1	0,04	4%	0	0	0%
[25, 28)	0	0	0%	0	0	0%
[28, 31)	0	0	0%	0	0	0%
[31, 34)	0	0	0%	0	0	0%
[34, 37)	0	0	0%	0	0	0%
	25			25		

Tabla 90°- 1: Longitud del eje horizontal en milímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 12 tienen mayor longitud horizontal, 10 tienen mayor longitud vertical, y 3 son iguales, no arrojando una marcada diferencia entre ambos ejes.

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 13,84mm, llegando a observar una longitud máxima de 23mm y una mínima de 9.25mm, agrupándose en un 84 % en la frecuencia [10, 16).

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 12.92, y se observó una longitud máxima de 21.5mm y una mínima de 7mm, agrupándose en un 88% en la frecuencia [10, 16)

## 2 - Análisis del Bisel:

### Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADÍSTICO													MAX	MIN
Posición	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
PROMEDIO	4,47	4,78	4,35	5,1	4,72	4,80	5,35	4,74	4,71	4,31	4,61	4,60	5,35	4,31
MAX	7,50	7,00	6,00	7,75	10,00	8,50	9,00	9,00	9,00	7,25	7,25	6,25	10,00	6,00
MIN	1,00	1,00	2,00	1,50	1,50	2,50	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,50	1,00

Tabla 90°- 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 5,35mm coincidiendo con la posición horaria 6, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 4,31mm coincidiendo con la posición horaria 9.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

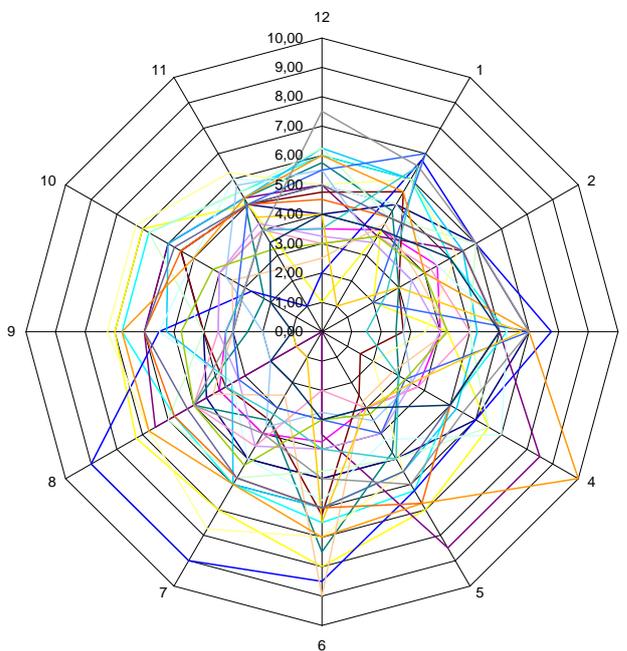


Ilustración 90°- 1: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 4 y 8, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posiciones horarias 9 y 1.

### 3 - Fracturas Radiales

#### Longitud máxima y mínima

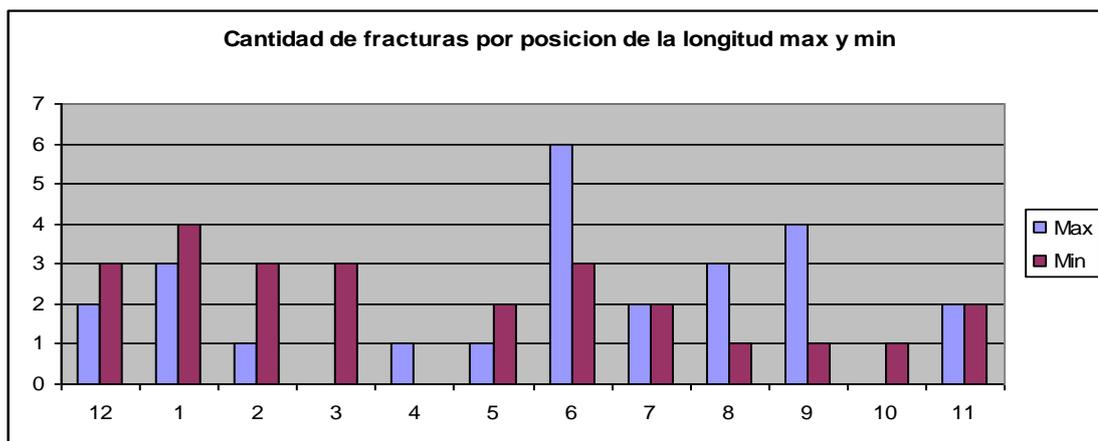


Ilustración 90° - Cantidad de fracturas radiales por posición de longitud máxima y mínima

Fuente: Elaboración Propia

		Max	%	Min	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y mínima	12	2	8%	3	12%
	1	3	12%	4	16%
	2	1	4%	3	12%
	3	0	0%	3	12%
	4	1	4%	0	0%
	5	1	4%	2	8%
	6	6	24%	3	12%
	7	2	8%	2	8%
	8	3	12%	1	4%
	9	4	16%	1	4%
	10	0	0%	1	4%
	11	2	8%	2	8%

Tabla 90° - 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración Propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 6, con un total de 6 coincidencia, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 1 en 4 probetas de un total de 25.

En promedio se obtuvo que la longitud máxima es de 6,8mm, en tanto la mínima fue de 6,47mm

### Cantidad de Fracturas radiales

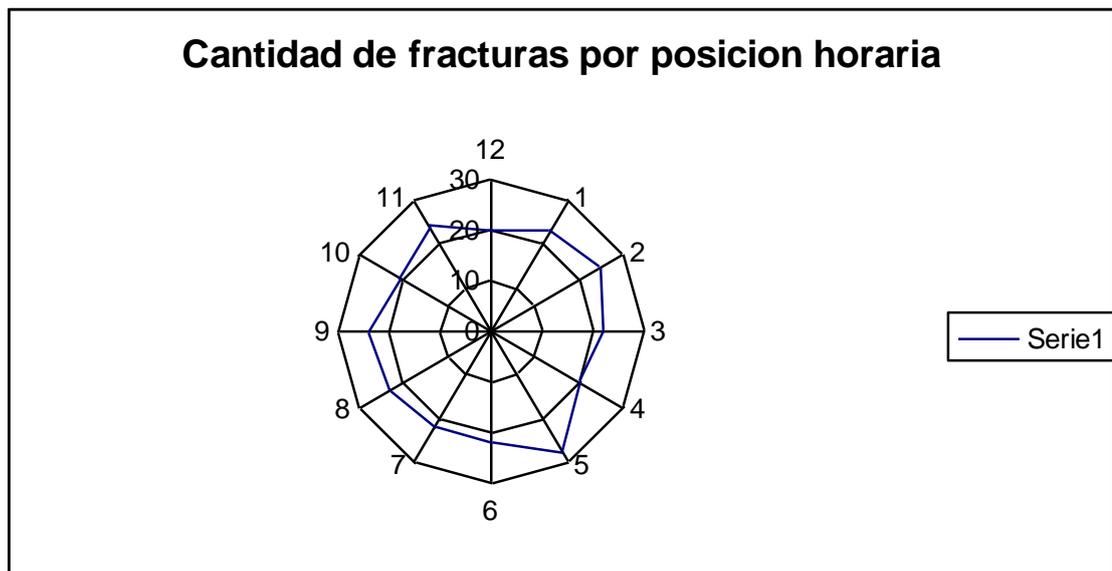


Ilustración 90°- 3: Cantidad de Fractura radiales por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 28 fracturas radiales coincidentes con la posición 5, y un mínimo de 20 coincidente con la posición horaria 12.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 11, observando de este modo una máximo de 14 y un mínimo de 8 fracturas radiales por probeta.

Ángulo de incidencia de 60°

**1 - Análisis de Orificio**

**Eje Horizontal y Vertical:**

mm	Horizontal			Vertical		
	fi	fri	fri%	fi	fri	fri%
[7, 10)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[10, 13)	0	0,00	0%	23	0,92	92%
[13, 16)	11	0,44	44%	2	0,08	8%
[16, 19)	7	0,28	28%	0	0,00	0%
[19, 22)	7	0,28	28%	0	0,00	0%
[22, 25)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[25, 28)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[28, 31)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[31, 34)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[34, 37)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[37, 40)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
	25			25		

Tabla 60°- 1: Longitud del eje horizontal en milímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 25 tienen mayor longitud horizontal que vertical

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 16,74mm, llegando a observar una longitud máxima de 21,75mm y una mínima de 13,5mm, agrupándose en un 100 % en la frecuencia [13, 22)

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 11,68, y se observó una longitud máxima de 13,5mm y una mínima de 10mm, agrupándose en un 92% en la frecuencia [10, 13)

## 2 - Análisis del Bisel:

### Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADÍSTICO													MAX	MIN
Posición	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
PROMEDIO	3,92	3,61	3,25	1,00	2,50	3,83	3,92	3,91	3,72	3,86	3,96	3,77	3,96	1,00
MAX	5,25	5,00	3,50	1,00	3,00	4,75	5,00	5,00	4,75	5,00	5,00	5,00	5,25	1,00
MIN	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,50	2,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,25	3,00	1,00

Tabla 60°- 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 3,96mm coincidiendo con la posición horaria 10, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 1mm coincidiendo con la posición horaria 3.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

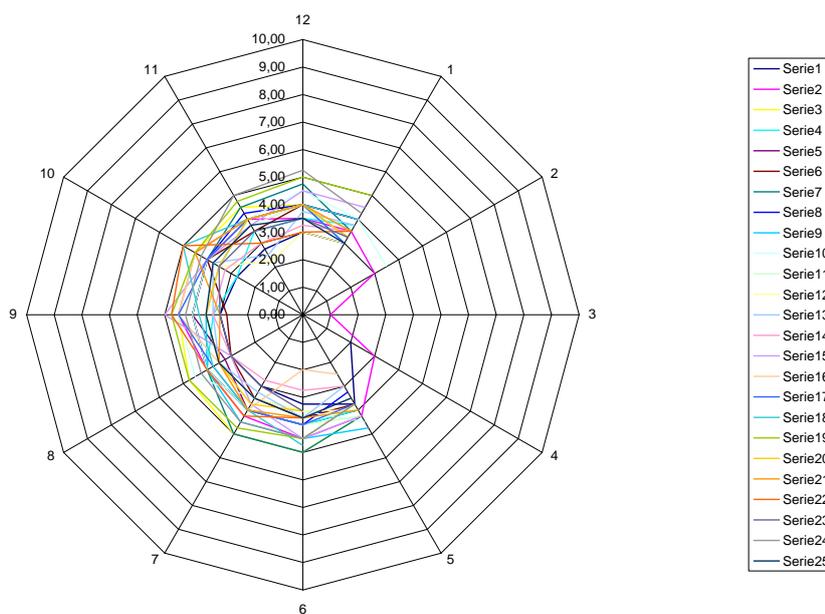


Ilustración 60°- 1: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 6 y 12, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posición horaria 3.

### 3 - Fracturas Radiales

#### Ubicación de la longitud máxima y mínima:

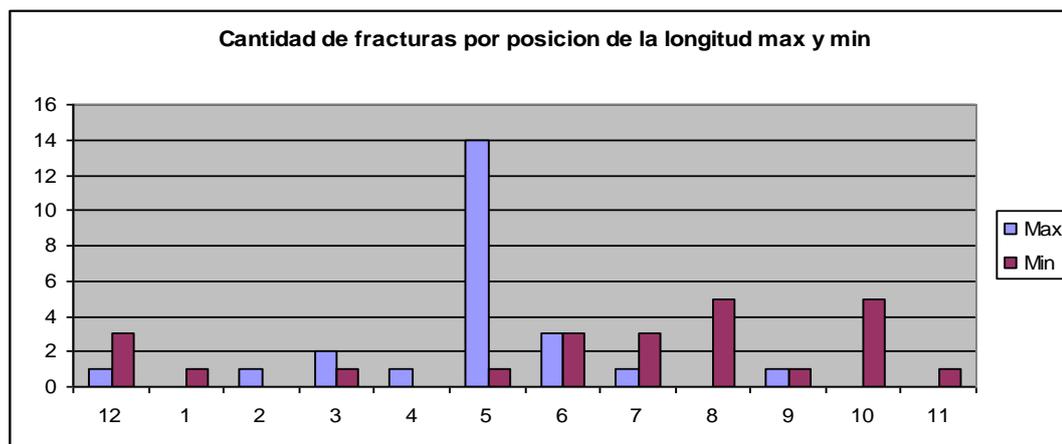


Ilustración 60° - 2: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

	Posición	Max	%	Min	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y mínima	12	1	4%	3	13%
	1	0	0%	1	4%
	2	1	4%	0	0%
	3	2	8%	1	4%
	4	1	4%	0	0%
	5	14	58%	1	4%
	6	3	13%	3	13%
	7	1	4%	3	13%
	8	0	0%	5	21%
	9	1	4%	1	4%
	10	0	0%	5	21%
	11	0	0%	1	4%

Tabla 60°- 3: Cantidad de Fracturas radiales por Posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 5, con un total de 15 coincidencia, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 10 en 4 probetas de un total de 25.

En promedio se obtuvo que la longitud máxima es de 12,99mm, en tanto la mínima fue de 6,19mm

### Cantidad de Fracturas radiales

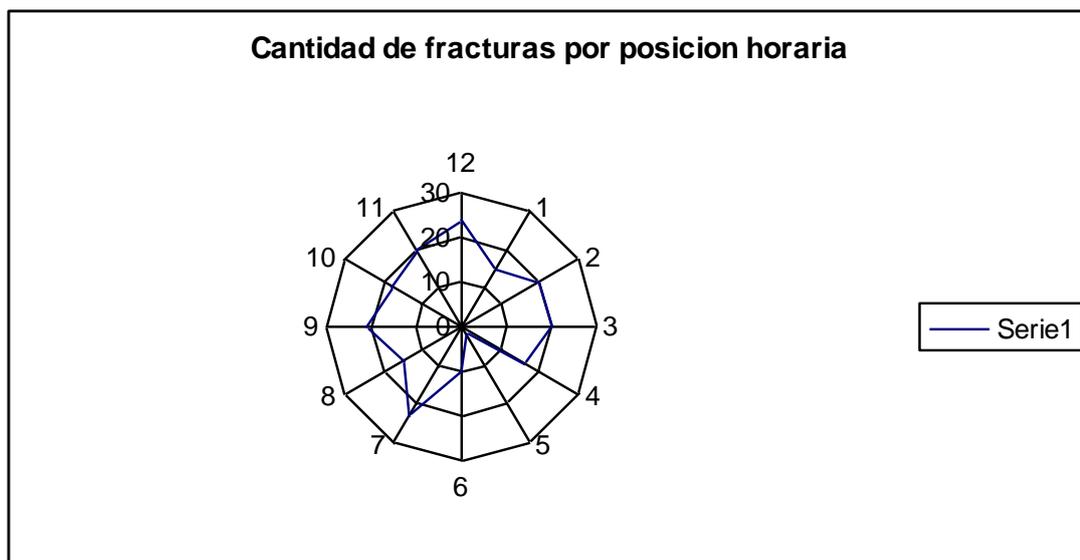


Ilustración 60° -3: Cantidad de Fracturas radiales por posición horaria de longitud Máxima y mínima

Fuente: Elaboración propia

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 24 fracturas radiales coincidentes con la posición 12, y un mínimo de 2 coincidente con la posición horaria 5.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 8,2, observando de este modo una máximo de 11 y un mínimo de 5 fracturas radiales por probeta.

## Ángulo de incidencia de 30°

### 1 - Análisis de Orificio

#### Eje Horizontal y Vertical:

mm	Horizontal			Vertical		
	fi	fri	fri%	fi	fri	fri%
[7, 10)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[10, 13)	0	0,00	0%	23	0,92	92%
[13, 16)	0	0,00	0%	2	0,08	8%
[16, 19)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[19, 22)	2	0,08	8%	0	0,00	0%
[22, 25)	2	0,08	8%	0	0,00	0%
[25, 28)	4	0,16	16%	0	0,00	0%
[28, 31)	10	0,40	40%	0	0,00	0%
[31, 34)	6	0,24	24%	0	0,00	0%
[34, 37)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[37, 40)	0	0,00	0%	0	0,00	0%
[40, 43)	1			0	0,00	0%
	25			25		

Tabla 30°- 1: Longitud del eje horizontal en centímetros

Fuente: Elaboración propia

De la medición realizada sobre 25 probetas en cuanto a los ejes verticales y horizontales de los orificios generados se obtuvo que 25 tienen mayor longitud horizontal que vertical

La longitud del eje horizontal tuvo en promedio 28,25mm, llegando a observar una longitud máxima de 42,75mm y una mínima de 21,25mm, agrupándose en un 80% en la frecuencia [25, 34)

En tanto la longitud del eje vertical tuvo un promedio de 13,42mm y se observó una longitud máxima de 16mm y una mínima de 11,5mm, agrupándose en un 92% en la frecuencia [10, 13)

## 2 - Análisis del Bisel:

### Ancho máximo y mínimo:

RESUMEN ESTADÍSTICO													máx	min
PROMEDI O	4,4 7	3,8 2	0,0 0	0,00	0,00	4,0 8	4,2 1	4,63	3,5 4	2,9 8	2,9 3	4,2 8	4,63	2,9 3
MAX	5,5 0	4,7 5	0,00	0,00	0,00	7,0 0	5,2 5	10,0 0	8,0 0	5,0 0	6,0 0	5,7 5	10,0 0	0,0 0
MIN	3,2 5	3,0 0	0,00	0,00	0,00	3,0 0	3,0 0	3,00	1,5 0	1,0 0	1,0 0	2,0 0	3,25	0,0 0

Tabla 30° - 2: Longitud de bisel en milímetros

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al ancho máximo en promedio tuvo una longitud de 4,63mm coincidiendo con la posición horaria 7, en tanto el bisel mínimo promedio fue de 2,63mm coincidiendo con la posición horaria 10.

## Ubicación del ancho máximo y mínimo

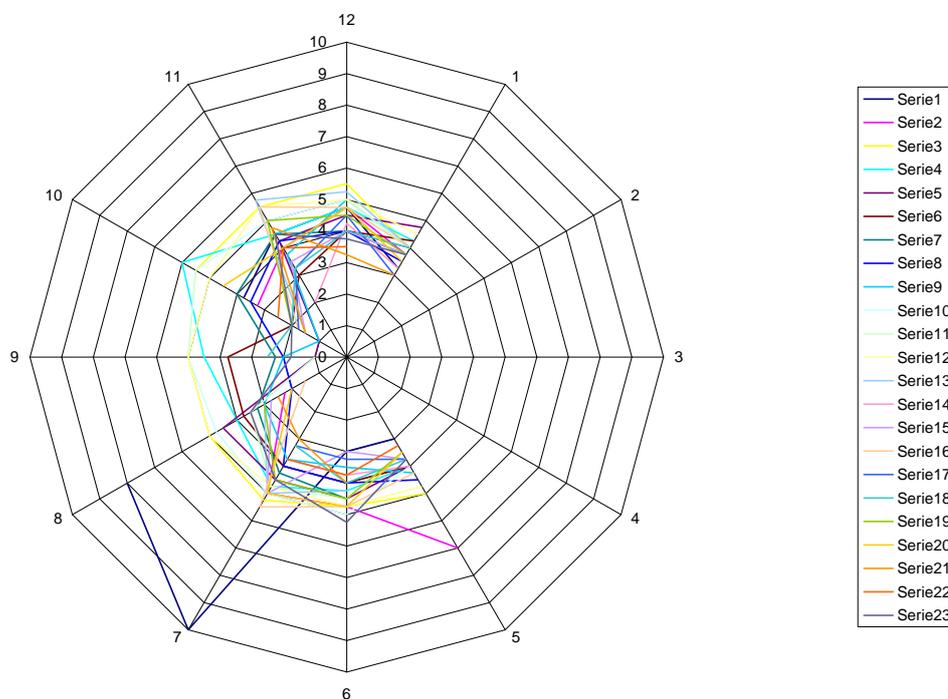


Ilustración 30°- 1: Longitud máxima y mínima de bisel por posición horaria

Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo del bisel se pudo observar mayormente en el sector comprendido entre las posiciones horarias 6 y 12, en tanto el valor mínimo del bisel se encontró comprendido entre las posición horaria 3.

### 3 - Fracturas Radiales

#### Longitud máxima y mínima

La longitud máxima observada en el estudio de 25 probetas fue de 95,25mm coincidente con la posición horaria 10, y la longitud mínima fue de 4mm coincidente con la posición horaria 8.

## Ubicación de la longitud máxima y mínima

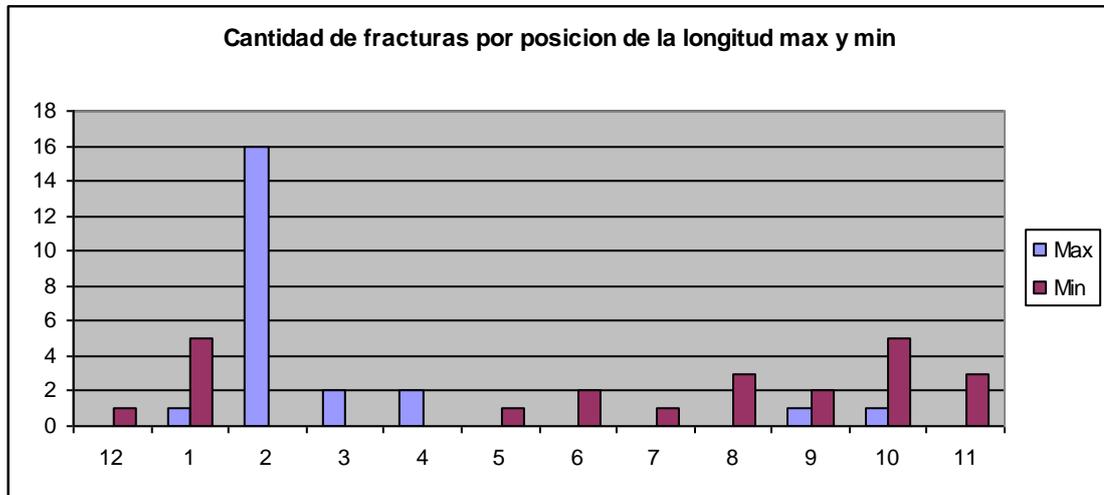


Ilustración 30° - Cantidad de fracturas por posición de longitud máx y mín.

Fuente: Elaboración Propia

	Posición	Max	%	Mín.	%
Cantidad por Posición de la Long. Máxima y Mínima	12	0	0%	1	4%
	1	1	4%	5	22%
	2	16	70%	0	0%
	3	2	9%	0	0%
	4	2	9%	0	0%
	5	0	0%	1	4%
	6	0	0%	2	9%
	7	0	0%	1	4%
	8	0	0%	3	13%
	9	1	4%	2	9%
	10	1	4%	5	22%
	11	0	0%	3	13%

Tabla 30°- 3: Cantidad de fracturas radiales por posición horaria de longitud Máxima y Mínima

Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en las planillas de extracción de datos, la posición horaria moda con respecto a la máxima longitud es la 2, con un total de 18 coincidencia, asimismo la posición horaria con menor longitud tuvo coincidencia con la posición horaria 10 en 5 probetas de un total de 25.

En promedio se obtuvo que la longitud máxima es de 63,31mm, en tanto la mínima fue de 7,38mm

### Cantidad de Fracturas Radiales

Se observó en la suma de las 25 probetas un máximo de 21 fracturas radiales coincidentes con la posición 12, y un mínimo de 3 coincidente con la posición horaria 2.

El promedio de fracturas radiales en las probetas es de 7,3mm, observando de este modo un máximo de 11 fracturas radiales y un mínimo de 5 fracturas radiales por probeta, siendo la moda 8.

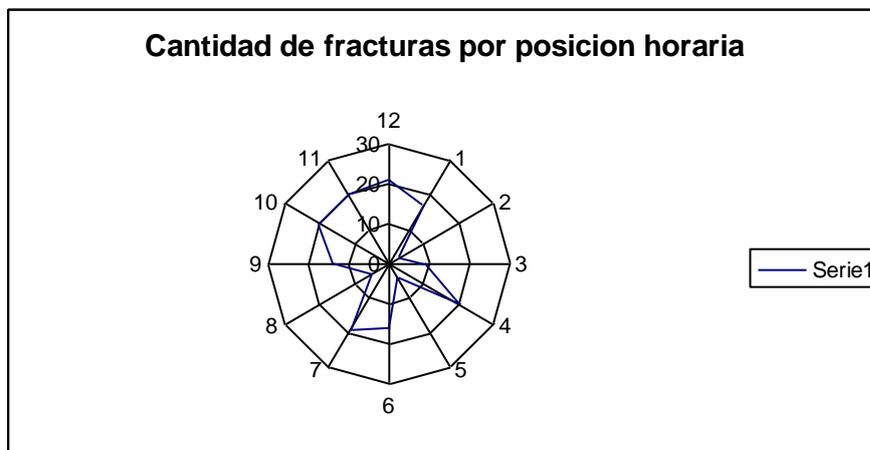


Ilustración 30° - 3: Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO V

Discusión de Resultados

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### Orificios

#### Ángulo de 90°

Se obtuvo una marcada diferencia entre el promedio del EH y EV entre uno y otro proyectil, donde se observó una diferencia de longitud promedio de 10,26mm entre los EH, y una diferencia promedio de 9,71mm entre los EV, siendo en ambos casos mayores las longitudes promedios de los ejes generados por el paso del proyectil ojival.

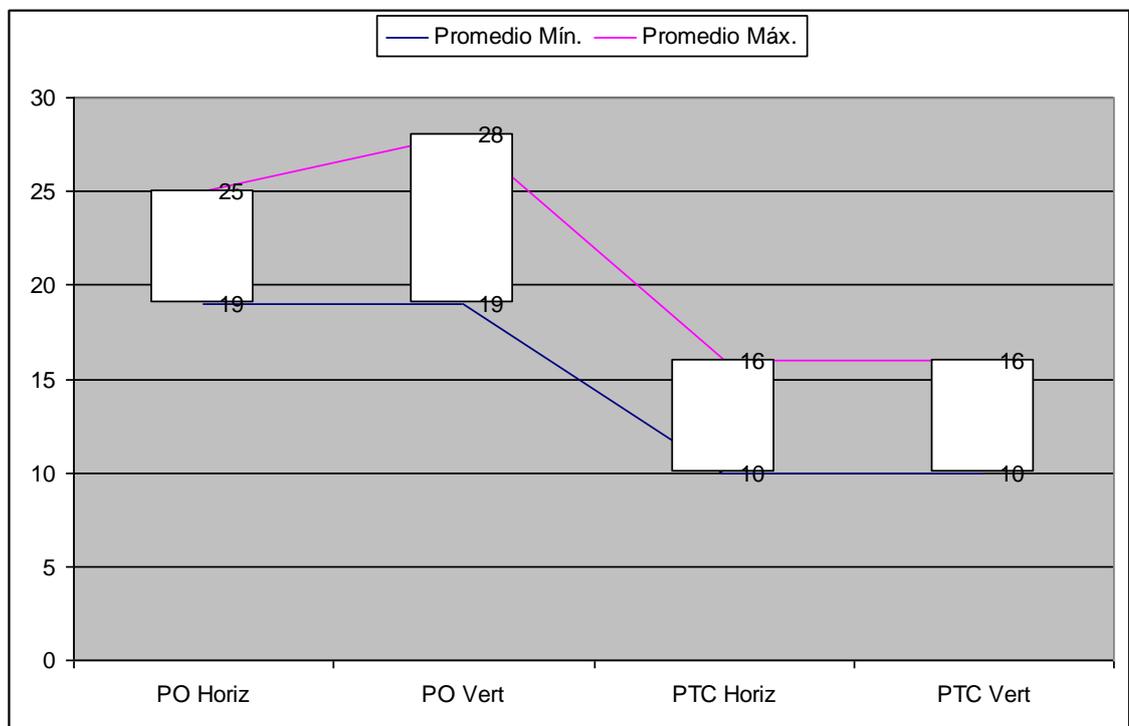


Ilustración 90° - 3: Frecuencia central de Promedio Máximo y Promedio Mínimo expresados en mm.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo arrojado por las pruebas realizadas no se constató una gran diferencia entre la longitud promedio del EH y EV en los orificios generados por el

impacto del PO y PTC, siendo apenas de 1,47mm a favor del EH para PO, y de 0.92mm también a favor del EH para los PTC .

De los datos obtenidos se desprendió que un 68% de la longitudes de EH correspondientes a orificios generados por PO se encuentran comprendido en la frecuencia de 19mm a 25mm, en tanto para los orificios generados por la PTC se agruparon en un 84 % en la frecuencia de 10mm a 16mm.

Los EV de los orificios generados por PO se obtuvo que un 72% se halló en la frecuencia de 19mm a 28mm, y en un 88% en la frecuencia comprendida entre los 10mm y 16mm para los producidos por PTC.

Del mismo modo se observó que las frecuencias que contuvieron a los EH y EV de los orificios generados por el paso del PTC son iguales, encontrándose por debajo del mínimo de los ejes producidos por PO.

Se observó que para los orificios generados por PO el promedio de la longitud del EH es de 24,10mm y la longitud promedio del EV es de 22,63mm, en tanto para los orificios producidos por el PTC el promedio de longitud del EH es de 13,84mm y la longitud promedio para el EV es de 12,92mm.

### **Ángulo de 60°**

No se obtuvo una marcada diferencia del promedio del EH y EV entre uno y otro proyectil. Se observó una diferencia de longitud promedio de 0,85mm entre los EH, y una diferencia de longitud promedio de 1,05mm entre los EV. La longitud promedio del EH generada por PTC fue la mayor, en tanto que el promedio del EV es mayor para los generados por el paso del PO.

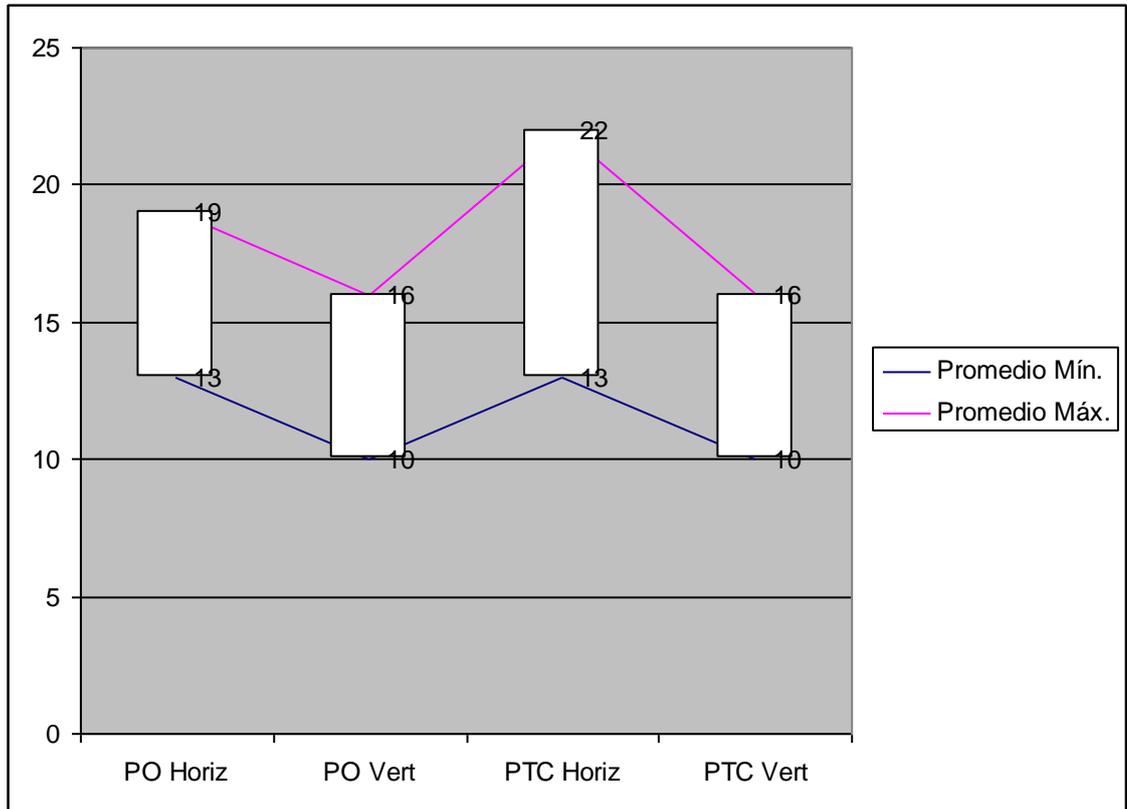


Ilustración 60° - 3: Frecuencia central de Promedio Máximo y Promedio Mínimo expresado en mm.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo arrojado por las pruebas realizadas se constató una diferencia entre la longitud promedio del EH y EV en los orificios generados por el impacto del proyectil de PO y PTC. Para PO el EH es 24,83% más amplio con respecto a EV. Para PTC el EH es 43,32% mayor con respecto a EV.

De los datos obtenidos se desprendió que un 80% de la longitudes de los EH correspondientes a orificios generados por PO se encuentran comprendido en la frecuencia de 13mm a 19mm, en tanto para los orificios generados por la PTC se agruparon en un 100 % en la frecuencia de 13mm a 22mm

Los EV de los orificios generados por PO se obtuvo que un 100% se halló en la frecuencia de 10mm a 16mm, y en un 100% en la frecuencia comprendida entre los 10mm y 16mm para los producidos por PTC.

Del mismo modo se observó que las frecuencias que contuvieron a los EV de los orificios generados por el paso del PO y PTC son iguales, no así para los EH que la frecuencia mínima es igual, pero la frecuencia máxima es mayor para los PTC.

Se observó que para los orificios generados por PO el promedio de la longitud del EH es de 15,89mm y la longitud promedio del EV es de 12,73mm. En tanto para los orificios producidos por el PTC el promedio de longitud del EH es de 16,74mm y la longitud promedio para el EV es de 11,68mm. Se obtuvo una diferencia entre los EV para las distintos tipos de proyectiles siendo de 0,85mm a favor del PTC, y más destacada aún en el EH siendo de 5,06mm, también correspondiente a los orificios generados por el traspaso del PTC.

### Ángulo de 30°

Se obtuvo una mínima diferencia entre el promedio del EH y EV entre uno y otro proyectil, donde se observó una diferencia de longitud promedio de 0,51mm entre los EH, y una diferencia promedio de 1,56mm entre los EV, siendo mayor la longitud promedio del EH para los generados por el paso del PO, y mayor la longitud promedio para los EV generados por PTC.

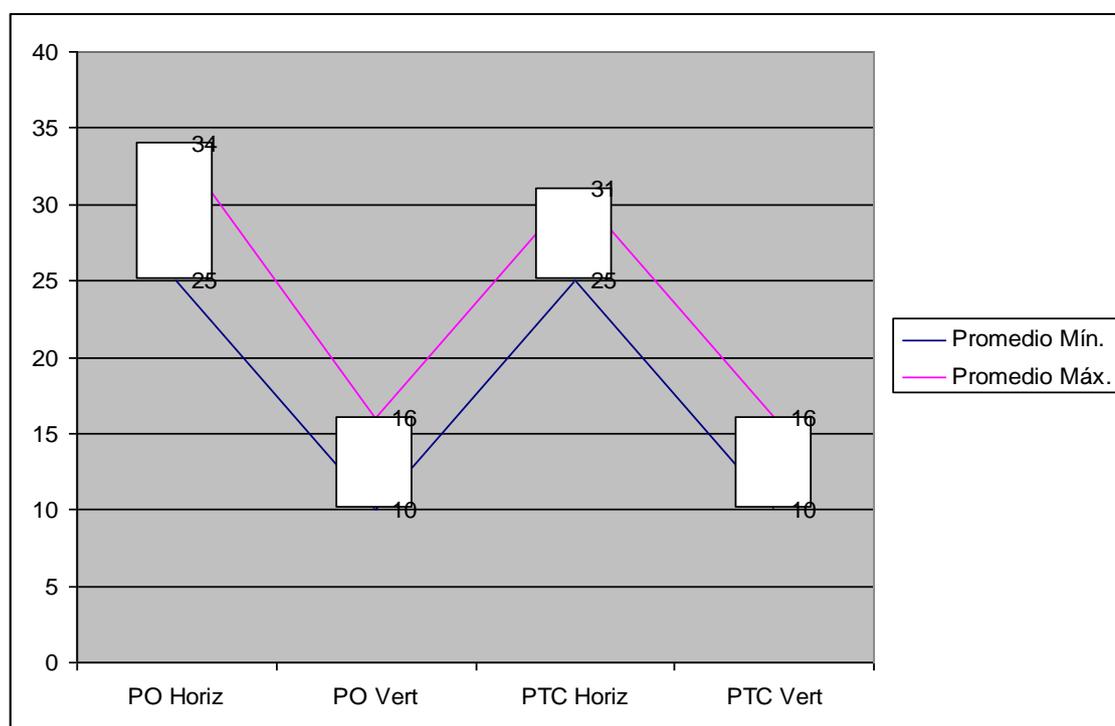


Ilustración 30° - 3: Frecuencia central de Promedio Máximo y Promedio Mínimo expresado en mm.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo arrojado por las pruebas realizadas se constató una notable diferencia entre la longitud promedio del EH y EV en los orificios generados por el impacto del proyectil de PO y PTC, siendo de 142,49% mayor el EH con respecto al EV para PO, y un 110,50% mayor el EH en comparación con el EV para los PTC.

De los datos obtenidos se desprendió que un 100% de la longitudes de los EH correspondientes a orificios generados por PO se encuentran comprendido en la frecuencia de 25mm a 34mm, en tanto para los orificios generados por la PTC se agruparon en un 92 % en la frecuencia de 10mm a 16mm

Los EV de los orificios generados por PO y PTC se obtuvieron que un 92% se hallaron en las frecuencias de 10mm a 16mm.

Del mismo modo se observó que las frecuencias que contuvieron a los EH de los orificios generados por el paso del PO y PTC son similares, levemente mayor para los originados por PO, en tanto para los EV son iguales.

Se observó que para los orificios generados por PO el promedio de la longitud del EH es de 28,76mm y la longitud promedio del EV es de 11,86mm, en tanto para los orificios producidos por el PTC el promedio de longitud del EH es de 28,25mm y la longitud promedio para el EV es de 13,42mm, donde se obtuvo una diferencia entre los EV para las distintos tipos de proyectiles siendo de 0,51mm a favor del PO, y de 1,56mm, correspondiente a los orificios generados por el traspaso del PTC.

## **Bisel**

### **Angulo 90°**

Los orificios generados por las distintas puntas de proyectiles se presentan regulares en su totalidad.

En los orificios producidos por PO se observó que la longitud máxima del bisel se situó entre las posiciones horarias 5 a 7 con un ancho de 6,25mm.

Los promedios del ancho de bisel generado por PO para cada una de las posiciones horarias varían entre 3,49mm y 4,11mm.

Para los biseles originados por PTC la longitud máxima del bisel se encontró comprendido en la posición 4 a 8, variando entre 8,5mm y 10mm, variando el promedio del bisel entre los 4,31mm y 5,35mm

Del mismo modo se obtuvo que la longitud mínima del bisel generado por PO se encontró en las posiciones horarias 5, 9 y 10 con una longitud de 1mm

La longitud mínima de bisel generada por PTC se sitúa en las posiciones 12, 1, 7, 8, 9 y 11 siendo también de 1mm.

De lo observado se desprendió que la longitud máxima del bisel para PO se situó entre las posiciones horarias 5 a 7 en tanto para PTC se encontró en 4 a 8, afectando ambas un sector similar, pero siendo más amplio el generado para PTC.

En tanto la longitud mínima de bisel para PO se encontró en las posiciones 5, 9 y 10, en tanto para PTC se situó en las posiciones 12, 1, 7, 8, 9 y 11, siendo en ambas ocasiones de 1mm de longitud, coincidiendo solo en la posición horaria 9, y mucho más amplio el sector afectado por PTC.

Asimismo el promedio del ancho de bisel generado por PO varía entre 3.49mm y 4.11mm, y para el producido por PTC varía entre 4,31mm y 5,35mm, siendo el valor del promedio de menor extensión generado por el PTC mayor que la anchura máxima generada en promedio por el PO.

### **Angulo 60°**

Los orificios generados por las distintas puntas de proyectiles no se presentan regulares en su totalidad.

En los orificios producidos por PO se observó que la longitud máxima del bisel se situó entre las posiciones horarias 1, 2 y con un ancho variable de 9mm a 10mm.

Los promedios del ancho de bisel generado por PO para cada una de las posiciones horarias varían entre 3,25mm y 5,80mm.

Para los biseles originados por PTC la longitud máxima del bisel se encontró comprendido en la posición 12 y 11, variando entre 12mm y 11mm respectivamente, variando el promedio del bisel entre los 6,80mm y 0,75mm

Del mismo modo se obtuvo que la longitud mínima del bisel generado por PO se encontró en las posiciones horarias 2, 3, 4 y 8 con una longitud de 1mm

La longitud mínima de bisel generada por PTC se sitúa en las posiciones 1, 2, y 4 siendo también de 1mm.

De lo observado se desprendió que la longitud máxima del bisel para PO se situó entre las posiciones horarias 1, 2 y 4 en tanto para PTC se encontró en 12 y 11, afectando ambas distintos sectores.

En tanto la longitud mínima de bisel generado por PO se encontró en las posiciones 2, 3, 4 y 8, en tanto para PTC se situó en las posiciones 1, 2, y 8, siendo en ambas ocasiones de 1mm de longitud, coincidiendo en las posiciones horaria 2 y 8.

Asimismo el promedio del ancho de bisel generado por PO varía entre 3.25mm y 5,80mm, y para el producido por PTC varía entre 0,75mm y 6,80mm.

### **Angulo 30°**

Los orificios generados por las distintas puntas de proyectiles no se presentan regulares en su totalidad.

En los orificios producidos por PO se observó que la longitud máxima del bisel se situó en la posición horarias 5 con un ancho 7mm.

Los promedios del ancho de bisel generado por PO para cada una de las posiciones horarias varían entre 3,75mm y 4,88mm.

Para los biseles originados por PTC la longitud máxima del bisel se encontró en la posición 7 con un ancho de 10mm, variando el promedio del bisel entre los 2,93mm y 4,63mm

Del mismo modo se obtuvo que la longitud mínima del bisel generado por PO se encontró en la posición horarias 5 con una longitud de 3mm

La longitud mínima de bisel generada por PTC se sitúa en la posición 9 y 10, siendo de 1mm de grosor.

De lo observado se desprendió que la longitud máxima del bisel para PO se situó en las posiciones horarias 5, en tanto para PTC se encontró en 7.

En tanto la longitud mínima de bisel generado por PO se encontró en las posiciones 5 al igual que la máxima, en tanto para PTC se situó en la posición 9 y 10.

Asimismo el promedio del ancho de bisel generado por PO varía entre 3.75mm y 4,88mm, y para el producido por PTC varía entre 2,93mm y 4,63mm.

## **Fracturas Radiales**

### **Ángulo de 90°**

La posición que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales producidas por los PO fue la posiciones 1 y 4 con un 10,1% cada una del total, y la posición que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales generadas por el traspaso del PTC fue la posición 5 con 10,22%.

De igual manera se observó que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el PO fue en la posición 6 con un 4,5% del total, en tanto que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el paso del PTC se ubicó en las posiciones 12 y 4, con un total de 7,30% cada una.

En cuanto a la longitud máxima de las fracturas radiales producidas por el PO se encontró en mayor cantidad ubicada en la posición 7 con un total del 33,3% seguida por la posición 4 con un total del 29,2%, y para las fracturas radiales producidas por el paso del PTC se halló la mayor concentración de fractura radiales de mayor longitud en la posición 6 con un total del 24%.

Ahora bien, la ubicación de las fracturas radiales de menor longitud producidas por el paso del PO se ubicaron en la fijación horaria 4 con un total del 20,08%, del mismo modo se contabilizó la mayor cantidad de fracturas radiales con menor longitud producidas por el paso del PTC en la posición 1, con un total del 16%, seguida por las posiciones 12, 2, 3 y 6 con un total del 12% cada una.

### **Ángulo de 60°**

La posición que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales producidas por el PO fue en la posiciones 2, 8 y 9 con un 10% cada una del total seguidas por las posiciones 4, 5 y 7 con un 9% cada una, y la posición que contuvo la mayor cantidad

de fracturas radiales generadas por el traspaso del PTC fue la posición 12 con 12%, seguida por la posición 7 con un 11%, coincidiendo para ambos proyectiles en la posición 7 que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales, diferenciándose en la distribución de la concentración, ya que para las generadas por el PO se distribuye casi uniforme en todo el orificio, en tanto para las generadas por el PTC se concentran mayoritariamente en dos puntos específicos siendo ambos casi opuestos entre si.

De igual manera se observó que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el PO fue en la posición 1 con un 6% del total, en tanto que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el paso del PTC se ubicó en la posición 5, con un total de 1%, por lo que se denotó que son sectores totalmente opuestos entre los distintos tipos de proyectiles los que albergan la menor cantidad de fracturas radiales.

En cuanto a la longitud máxima de las fracturas radiales producidas por el PO se encontró en mayor cantidad ubicada en la posición 3 con un total del 52%, y para las fracturas radiales producidas por el paso del PTC se halló la mayor concentración de fracturas radiales de mayor longitud en la posición horaria 5 con un total del 58%, hallándose ambas en el sector opuesto al ingreso de la trayectoria de los distintos tipos de proyectiles.

Ahora bien, la ubicación de las fracturas radiales de menor longitud producidas por el paso del PO se ubicaron en la fijación horaria 9 con un total del 36%, del mismo modo se contabilizó la mayor cantidad de fracturas radiales con menor longitud producidas por el paso del PTC en las posiciones 8 y 10, con un total del 21% cada una, encontrándose ambas en el sector de ingreso de los distintos tipos de proyectiles, pero no compartiendo la misma fijación horaria.

### **Ángulo de 30°**

La posición que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales producidas por el PO fue en las posiciones 9, 8 y 10 con un 26,88%, 23,66% y 22,58% respectivamente cada una, y la posición que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales generadas por el traspaso del PTC fue la posición 12 con 13%, seguida por la posición 4, 10 y 11 con un 12%, coincidiendo para ambos proyectiles en la posición 10 que contuvo la mayor cantidad de fracturas radiales, diferenciándose en la distribución

de la concentración, ya que para las generados por el PO se distribuyen en su mayoría en la zona comprendida entre la posición 8 a 10 con un total del 73,12% del total, en tanto para las generadas por el PTC se concentran en forma regular, mostrando mayor concentración en las zonas 12, 1, 4, 6, 7, 10 y 11.

De igual manera se observó que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el PO fue en la posición 2 con un 1,08% del total, en tanto que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el paso del PTC se ubicó también en la posición 2, con un total de 2%, por lo que se denotó que son sectores coincidente entre los distintos tipos de proyectiles los que albergan la menor cantidad de fracturas radiales.

Cabe destacar que para los orificios generados por el paso del PO no se observó fractura radiales alguna en la posiciones horarias 1, 3 y 4, no así para el caso de los orificios generados por el PTC que en todas las posiciones horarias se observó fracturas radiales.

En cuanto a la longitud máxima de las fracturas radiales producidas por el PO se encontró en mayor cantidad ubicada en la posición 9 con un total del 56%, y para las fracturas radiales producidas por el paso del PTC se halló la mayor concentración de fracturas radiales de mayor longitud en la posición horaria 2 con un total del 70%, hallándose en posiciones opuesta en cuanto a la trayectoria del proyectil.

Ahora bien, la ubicación de las fracturas radiales de menor longitud producidas por el paso del PO se ubicaron en la fijación horaria 9 con un total del 27%, del mismo modo se contabilizó la mayor cantidad de fracturas radiales con menor longitud producidas por el paso del PTC en la posiciones 1 y 10, con un total del 22% cada una, encontrándose para las producidas por el PO en el eje de ingreso del proyectil, en tanto para las producidas por el PTC se encuentran sobre el eje de la trayectoria incidente del proyectil.

# CAPÍTULO VI

Conclusiones

## CONCLUSIONES

### **ORIFICIO:**

#### **Características comunes para ambos tipos de proyectiles:**

A medida que disminuye el ángulo de incidencia, la longitud del eje horizontal va aumentando. El eje horizontal llega a duplicar el eje vertical en incidencias producidas a  $30^\circ$

Para trayectorias incidentes a  $60^\circ$ , las frecuencias centrales del eje horizontal son semejantes y comparten el valor mínimo de las mismas (16mm).

En el mismo caso anterior, el valor de la frecuencia central de los ejes verticales son equivalentes.

Para trayectorias incidentes de  $60^\circ$  y  $30^\circ$ , los ejes horizontales, que representan el plano en el que se halla la trayectoria incidente, siempre son mayores que los ejes verticales.

Para trayectorias incidentes de  $60^\circ$  y  $30^\circ$ , los ejes verticales se encuentran agrupados en la misma frecuencia de longitud.

#### **Características particulares:**

Según esta experimentación, en trayectorias incidentes a  $90^\circ$ , para proyectiles ojivales, el eje vertical es mayor que el horizontal en un 6,5%. Del mismo modo para proyectil tronco cónico el eje horizontal promedio es mayor al vertical en un 7,12%.

En trayectorias incidentes a  $90^\circ$  los ejes horizontales y verticales de orificios producidos por incidencia de proyectil ojival son mayores a los producidos con punta tronco cónica.

## **BISEL**

### **Características particulares**

#### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 90°***

Para proyectiles ojivales se obtuvo que la zona que contuvo la mayor longitud en promedio de bisel se ubicó en la zona horaria 12, y el promedio de menor longitud se ubicó en la posición horaria 6, en tanto para proyectiles tronco cónicos se obtuvo que la zona que contuvo la mayor longitud en promedio de bisel se ubicó en la zona horaria 6, y el promedio de menor longitud se ubicó en la posición horaria 9.

El promedio de mayor longitud se ubicó en la zona horaria 12 para proyectiles ojivales y en la zona horaria 6 para los proyectiles tronco cónico.

Por otro lado el promedio de menor longitud quedó emplazado en la zona horaria 6 para proyectiles ojivales y en la zona horaria 9 para los tronco cónicos

#### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 60°***

La zona que contuvo la mayor longitud de bisel fue, para proyectiles ojivales, el sector superior derecho. Por otro lado, para proyectiles tronco cónico, fue en el sector superior izquierdo. El promedio de longitud mayor de bisel generado por el proyectil tronco cónico es un 4,32% mayor que el generado por el proyectil ojival.

Para proyectiles ojivales la longitud mínima de bisel se ubicó en el sector opuesto al ingreso de la trayectoria del proyectil, coincidiendo en uno de sus puntos con el eje horizontal, y para proyectiles tronco cónico, la longitud mínima de bisel se ubicó en el sector opuesto al ingreso de la trayectoria del proyectil, no coincidente con el eje horizontal.

#### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 30°***

Para proyectiles ojivales, la longitud máxima de bisel se ubicó en el sector inferior derecho, y para proyectiles tronco cónico, la longitud máxima de bisel se ubicó en el sector inferior izquierdo.

Para proyectiles ojivales se observó que el promedio de longitud mayor de bisel es superior en un 5,40% al generado por el proyectil tronco cónico que el generado por el proyectil ojival.

Para proyectiles ojivales se observó que el promedio de longitud mínima de bisel es menor el generado por el proyectil tronco cónico en un 27,99% que el generado por el proyectil ojival

Para proyectiles ojivales se constató que la longitud mínima del bisel se ubicó en el sector opuesto al ingreso de la trayectoria del proyectil, en la parte inferior del orificio, en cambio la longitud mínima de bisel producida por el traspaso de proyectil tronco cónica, se ubicó en su mayoría sobre el sector de ingreso del proyectil, coincidente con el eje horizontal y superior a este.

## **FRACTURAS RADIALES**

### **CARACTERÍSTICAS COMUNES**

Se observó para ambos tipos de proyectiles con un ángulo de incidencia a 30° que la menor concentración de fracturas radiales originadas por el traspaso del proyectil se ubicaron en el mismo sector, siendo este sobre el sector derecho del orificio sobre el eje horizontal.

### **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES**

#### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 90°***

Para proyectiles ojivales se determinó que el sector que contuvo mayor cantidad de fracturas radiales se ubicó en el sector superior izquierdo. En cambio para proyectiles tronco cónicos se determinó que el sector que contuvo mayor cantidad de fracturas radiales se ubicó en el sector superior derecho.

Para proyectiles ojivales se determinó que el sector que contuvo menor cantidad de fracturas radiales se ubicó en el sector inferior sobre el eje vertical. Para proyectiles tronco cónicos se determinó que el sector que contuvo menor cantidad de fracturas

radiales se ubicó en el sector superior sobre el eje vertical y en el sector contrario al ingreso de proyectil debajo del eje horizontal.

Para proyectiles ojivales las fracturas radiales de mayor longitud se ubicaron sobre la fijación horaria 4 y 7, mientras que para proyectiles tronco cónicos se observó que las fracturas radiales de mayor longitud se ubicaron sobre la fijación horaria 6

Para proyectiles ojivales se determinó que las fracturas radiales de menor longitud se ubicaron sobre la fijación horaria 4. Por su parte para proyectiles tronco cónicos se arribó a que las fracturas radiales de menor longitud se ubicaron sobre la fijación horaria 1.

### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 60°***

#### **OJIVAL**

Contrario a lo que sostiene Ferreyro (2007) la mayor cantidad de fracturas radiales fueron contabilizadas en el rango comprendido entre las posiciones horarias 11 y 7 en un 45% del total de fracturas registradas a lo largo de las experiencias para proyectil ojival y 48% para proyectil tronco cónico. Esto representa que las fracturas radiales se concentran con mayor frecuencia en el sector coincidente con el ingreso del proyectil, previsto para esta investigación en la posición horaria 9. Sin embargo la diferencia en cuanto a la cantidad de fracturas radiales contabilizadas entre las posiciones horarias 1 a 5 es muy baja. En este sector se advirtió el 41% del total de fracturas radiales para proyectil ojival y 36% para proyectil tronco cónico

Por otro lado, analizando la ubicación horaria de la fractura radiales más larga y más corta, de entre todas las fracturas radiales que puede presentar una probeta se advierte el siguiente fenómeno. Respecto del proyectil ojival en el 92% de los casos, la fractura radial más larga se ubicó entre las posiciones horarias 1 a 5; aunque para proyectil tronco cónico ocurrió en el 75% de los casos. Respecto de proyectil ojival en el 88% de los casos, la fractura radial mas corta se ubicó entre las posiciones horarias 11 a 7, y para proyectil tronco cónico sucedió en el 63% de las experiencias.

### ***Impactos logrados con trayectorias incidentes a 30°***

Para este ángulo de incidencia nuevamente se advierte contradicción contra lo propuesto por Ferreyro (2007), ya que el mayor volumen de fracturas radiales se

contabilizó en la región asociada al ingreso del proyectil. Se comprueba para proyectil ojival que el 88% de las fracturas radiales generadas se concentra en la región comprendida entre las posiciones horarias 1 a 5; en tanto que el mismo efecto se constata para proyectil tronco cónico aunque con un 46% de las fracturas.

Observando el fenómeno de las fracturas radiales desde otro enfoque se puede sostener que las más cortas se ubicaron con mayor frecuencia en la región coincidente con las posiciones horarias 1 a 5. Puesto que para proyectil ojival ocurrió en el 88% de las probetas y para proyectil tronco cónico ocurrió en el 61% de ellas. En cuanto a la más largas se verificaron sensibles diferencias en el comportamiento para proyectil ojival y proyectil tronco cónico. En los orificios producidos con proyectil ojival la fractura radial más larga se ubicó en el 92% de los casos en la región horaria de 1 a 5; mientras que en los producidos con proyectil tronco cónico, 91% de las ocasiones se ubicó en la región horaria de 1 a 5.

### **Hipótesis:**

Ha podido comprobarse la hipótesis planteada ya que se puede reconocer, mediante un estudio completo de los signos en acrílico alto impacto la información necesaria para informar la munición utilizada y la ubicación de la boca de fuego.

El estudio del daño provocado permite confirmar el ángulo de incidencia y el tipo de proyectil utilizado, además las fracturas radiales emergentes del paso del proyectil son una buena herramienta para establecer el sentido de la trayectoria.

En Anexo III se confeccionó diagrama de flujo de lo que podría instituirse como protocolo para la investigación de este tipo de daños (impactos de proyectil en acrílico alto impacto) a los efectos de la determinación del ángulo de incidencia, tipo de proyectil y sentido de la trayectoria incidente.

### *Aportes de la investigación a la Ciencia Criminalística.*

La contribución de mayor relevancia del presente estudio fue especificar las características particulares y propias para proyectiles 9mm ojivales y tronco cónico con distintas trayectorias de incidencia en una superficie de acrílico de alto impacto de 3mm.

De este modo contribuye con la necesidad de determinar el ángulo de incidencia del proyectil sobre acrílico y el tipo de proyectil utilizado, debido a que actualmente la bibliografía existente para determinar la trayectoria del proyectil se necesitan dos puntos para trazar una línea imaginaria y así determinar la trayectoria, sumado a esto se podrá determinar a través del estudio completo del orificio el tipo de proyectil utilizado.

De la suma del estudio de estas dos variables, incidencia y proyectil, se tiene como resultado una herramienta de suma importancia para la determinación en forma metodológica de la posible posición del tirador y proyectil utilizado, lo cual puede ser aplicado a diferentes municiones y acrílicos.

### Referencias Bibliográficas.

**BAY, D.** (2012). En línea. Consultado el 25/05/2012. Disponible en:  
<http://deborahbay/bigban>

**BURKE TW, ROWE WF (1992).** Bullet ricocheting: a comprehensive review. J Forensic Sci. 37(5):1254-1260. En línea. Consultado el 20/06/2012. Disponible en:  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-76062004000300006&script=sci\\_arttext](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-76062004000300006&script=sci_arttext).

**CIBRIÁN VIDRIO, O** (2007). Balística Técnica y Forense. Buenos Aires: La Rocca

**FERREYRO, M.** (2007). Balística manual. Buenos Aires: B de f.

**FUERTES ROCAÑIN J. C., CABRERA FORNEIRO J. y FUERTES IGLESIAS C.** (2007). Manual de Ciencias Forenses. En Línea: Consultado el 13/04/13. Disponible en:  
[http://books.google.com.ar/books?id=kz-fJ7MkvMCMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ar/books?id=kz-fJ7MkvMCMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**GUEVARA, C.** (2010). Tesina. Determinación de la posición del tirador a través del ángulo de incidencia en disparos efectuados a superficies metálicas. Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística.

**GUZMÁN, C.** (2000). Manual de Criminalística. Buenos Aires: La Rocca.

**LOCLES, R.** (2000). Balística y pericia. Buenos Aires: La Rocca.

**LOCLES, R.** (2005). Tratado de Balística. Buenos Aires: La Rocca.

**MAROTO, J.** En línea. Consultado el 26/06/2012. Disponible en:  
<http://www.deportiro.com.ar/tacticaydefensa/de22.shtml>.

**MIKEL** (2011). Esfuerzos que pueden soportar los materiales. En línea. Consultado: 23/04/2012. Disponible en  
<http://mikelanderezfp.blogspot.com.ar/2011/11/esfuerzos-que-pueden-soportar-los.html>.

**MORA CHAMORRO, H.** (2008). Manual del Vigilante de Seguridad. En línea. Consultado el 12/02/2013. Disponible en  
<http://books.google.com.ar/books?id=L6XrFW9di->

[0C&printsec=frontcover&dq=%28Mora+Chamorro,+2008%29.&hl=es&sa=X&ei=Mz6vUbzsIeP54AOW7oBo&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=%28Mora%20Chamorro%2C%202008%29.&f=false](http://books.google.com.ar/books?id=0C&printsec=frontcover&dq=%28Mora+Chamorro,+2008%29.&hl=es&sa=X&ei=Mz6vUbzsIeP54AOW7oBo&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=%28Mora%20Chamorro%2C%202008%29.&f=false)

**PEÑARANDA, C.** (2013). Tesina. Determinación del ángulo de incidencia de un proyectil disparado por arma de fuego a partir de los signos generados en el orificio de un blanco de acrílico. Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística.

**POLICÍA FEDERAL ARGENTINA.** (1983) Tratado de Criminalística tomo II. Buenos Aires. Editorial Policial.

**RAMOS ÁNGELES, H.; ESTRELLA, P.** (2009). Física 2. En línea. Consultado el 12/05/2013. Disponible en <http://books.google.com.ar/books?id=JZtwEuA4NogC&pg=PR8&dq=f%3%ADsico+Ramos+%282009%29&hl=es&sa=X&ei=3j6vUe66B8-o4AO1toC4Cg&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=f%3%ADsico%20Ramos%20%282009%29&f=false>

**SOMOSA CASTRO, O.** (2009) La Muerte Violenta: inspección ocular y cuerpo del delito, las decisivas primeras 24 horas. En línea. Consultado el 21/05/2012. Disponible en: <http://books.google.es/books?id=0N06y2teanMC&pg=PA302&dq=Energ%3%ADa+de+impacto+%28bal%3%ADstica%29&hl=es&sa=X&ei=wnu1UfyYDIjMOaHsgbAF&ved=0CCkQ6AEwAQ#v=onepage&q=velocidad%20decreciente&f=false>

**TORRES R., A.** (2012). En línea. Consultado el 24/04/2012. Disponible en: <http://megacril.tripod.com/d/propiedades.htm>.

**VALDERRAMA, J.** (2007). En línea. Consultado el 11/06/2013. Disponible en: <http://books.google.com.ar/books?id=Fv41zgino-AC>

**VAMPTECH-IBERICA.** En Línea. Consultado el 12/04/2012. Disponible en: <http://www.vamptech-iberica.com/pmna.php>

**VICENCIO, A.** (2010). Tesina. “La Función policial: el uso profesional de las armas”, Fundación Instituto Universitario de Seguridad Pública, Licenciatura en Seguridad Pública.

## **ANEXO I**

*Tabla de recolección de Datos Projectiles Ojivales*







## **ANEXO II**

*Tablas de Recolección de Datos Projectiles Tronco Cónicos*







## **ANEXO III**

### *Diagramas de Flujos*









## **ANEXO IV**

### *Fotografías*