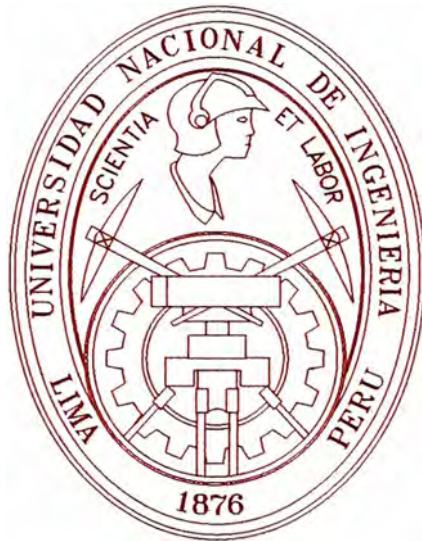


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“DISEÑO DE UTILAJES PARA LA FABRICACION DE BALAS
CAL 5.56 X 45 mm”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

DENIS OSTIN REATEGUI SILVA

PROMOCION 2001-II

LIMA-PERU

2005

**A mis queridos padres y hermanos
y en especial a mi tía abuela.**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivo de la FAME	5
1.2. Finalidad de la FAME	5
1.3 Área de Aplicación	6
1.4 Antecedentes	6
1.5 Objetivo de la Tesis	9
2. REQUERIMIENTO DE NECESIDADES	10
2.1 Alternativas de solución.....	10
2.2 Alcance de la Tesis.....	11
3. PROCESOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE LA BALA.....	12
3.1 Operaciones :Procesos de Manufactura y Tratamientos Térmicos que participan en la fabricación de bala	12
3.2 Tratamientos Térmicos	28
3.3 Matricería que participa en la fabricación de bala.....	29
3.4 Modificaciones a realizarse en la Matricería	32
4. NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	35

5. FUNDAMENTO TEÓRICO PARA LA FABRICACIÓN DE LA BALA CAL. 5.56X45mm.....	43
5.1 Terminología.....	43
5.2 Conceptos sobre la Denominación de la bala Calibre 5.56x 45mm. Tipo Aerodinámicas.....	45
5.3 Fabricación de la Vaina.....	48
5.3.1. Formación de la Copa: Corte y Estampado	48
5.3.2. Proceso de Estirado.....	52
5.4 Fabricación de la Ojiva: Envuelta de bala o Camiseta.....	54
6. DISEÑO DE UTILAJES	55
6.1 Cálculo de las dimensiones de los productos procesados en las operaciones de la línea bala.	55
6.2 Cálculo de la reducción de diámetro, espesor, y Deformación.....	62
6.3 Resultados obtenidos.....	69
6.3.1 Operación de Embutido.....	69
6.3.2 Operación de Estirado.....	78
6.3.3 Operación de Ensamble.....	97
6.3.4 Operación de Ranurado	118
7. CONTROL DE CALIDAD PARA LA APROBACIÓN DE LA BALA CAL. 5.56 X 45mm.....	120
7.1 Alcance del Control de Calidad.....	120

7.2	Planteamiento de los muestreos a trabajar en la línea de fabricación para asegurar la calidad de la bala Calibre 5.56x45mm.....	123
7.3	Área de Control Dimensional y su importancia.....	131
7.4	Precisión de la bala y factores que influyen en ella.....	131
7.5	Pruebas Balísticas	138
8.	ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	140
8.1	Costo de Diseño y Fabricación de Utilajes y Balas Calibre 5.56 x 45mm del Proyecto: Alternativa de la tesis	140
8.2	Costo por Importación de las maquinas para Fabricación de Bala Calibre 5.56x45mm	143
8.3	Comparación de las Alternativas	144
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
	BIBLIOGRAFÍA.....	152
	ANEXOS	

PROLOGO

La presente Tesis tuvo sus inicios en el Departamento de Investigación y Desarrollo de la FÁBRICA DE ARMAS Y MUNICIONES DEL EJÉRCITO (FAME), formando parte del proyecto de inversión “ Producción de Munición Calibre 5.56 x 45mm en la FAME”, cuyo objetivo general es el satisfacer la necesidad del Ejército Peruano, a través del abastecimiento oportuno a las unidades de instrucción.

El autor de la presente Tesis, laborando como Ingeniero de Investigación Técnica del Departamento de investigación y Desarrollo de la FAME, se le dio la autorización de desarrollar el diseño de la matriceria para la fabricación de balas cal. 5.56 x 45mm; con el objetivo de fabricar la bala mencionada, en maquinas existentes y pertenecientes a la línea antigua de fabricación de bala Calibre 7.62

El contenido de la tesis inicia con el Capitulo 1; Introducción dando a conocer el objetivo, finalidad y su área de aplicación. En el Capitulo 2 se realiza el planteamiento del problema con las alternativas y propuesta de Tesis.

En el Capítulo 3 se hace mención a los Procesos utilizados como parte introductoria al proceso de fabricación de la bala.

El Capítulo 4 se presentan las normas y especificaciones a usar en la línea de fabricación de Cartucho Calibre 5.56x45mm.

En el Capítulo 5 se desarrolla la metodología de trabajo a través del fundamento teórico y terminología usada en el campo militar y fabricación.

La aplicación del fundamento teórico y metodología de trabajo se ve en el Capítulo 6 con la realización de los cálculos y obtención de resultados.

El Capítulo 7 trata sobre la aplicación e importancia del control de calidad de la bala dentro de la ejecución del proyecto, así como la realización de toma de muestras para ver las eficiencias de las operaciones, así también la precisión de la bala y temas que influyen en ella y por último las pruebas balísticas.

La estimación de costos se desarrolla en el Capítulo 8 donde se representa los costos de la Mano de Obra que participa tanto en el Diseño y fabricación de utilajes así como en la fabricación de la bala, costos de materiales , insumos etc. Se realiza la comparación con la alternativa de importar la maquinaria del extranjero.

Hago presente los agradecimientos por el desarrollo del proyecto que se llevo acabo con la colaboración y participación del personal operativo de la Fábrica de Armas y Municiones del Ejército, así como también el área Administrativa y Biblioteca de la Fábrica en la recopilación de información y la facilidad en la obtención de materiales.

CAPITULO1 INTRODUCCIÓN

En el presente Proyecto: “ Diseño de Utilajes para la Fabricación de Balas Calibre 5.56x45mm.” el termino "Calibre 5.56 mm NATO" es la notación militar para referirse al cartucho que usan, entre otros, las armas del ejército español HKG36, el fusil M-16 (y sus variantes A-1 y A-2), el AR-15 norteamericanos, el GALIL israelita, el STEYR AUG austríaco, entre otros.

La notación "comercial" es calibre 223". Una es de uso militar, muy frecuente en los ejércitos de América Latina, y la otra es para "cacería".

En 1953, la OTAN se planteo seriamente el importante problema logístico de adoptar un calibre reglamentario para todos los países miembros, con el fin de unificar la gran variedad de calibres vigentes utilizados por los beligerantes en la II Guerra Mundial, y también poner en uso el termino “humanizar” la guerra.

Para "humanizar" la guerra lo que hay que hacer es reducir el número de muertos aumentando el número de heridos. Por eso se pronunciaron por el uso de "balas duras", que simplemente perforan pero, no tocan ningún órgano vital, no provocan la muerte, y, si la provocan, no causan "excesivo dolor".

Entre los años 1957-1959 y a "solicitud" del Comando de la Armada Continental (USA), el calibre 5.56 mm. (regularizada en 1964), más delgada que la 7.62 y mucho más rápida, la 5.56 no sólo representaba ventajas en su acarreo (un infante podía llevar hasta el doble de parque de 5.56 mm que de 7.62, pero con el mismo peso y menor espacio).

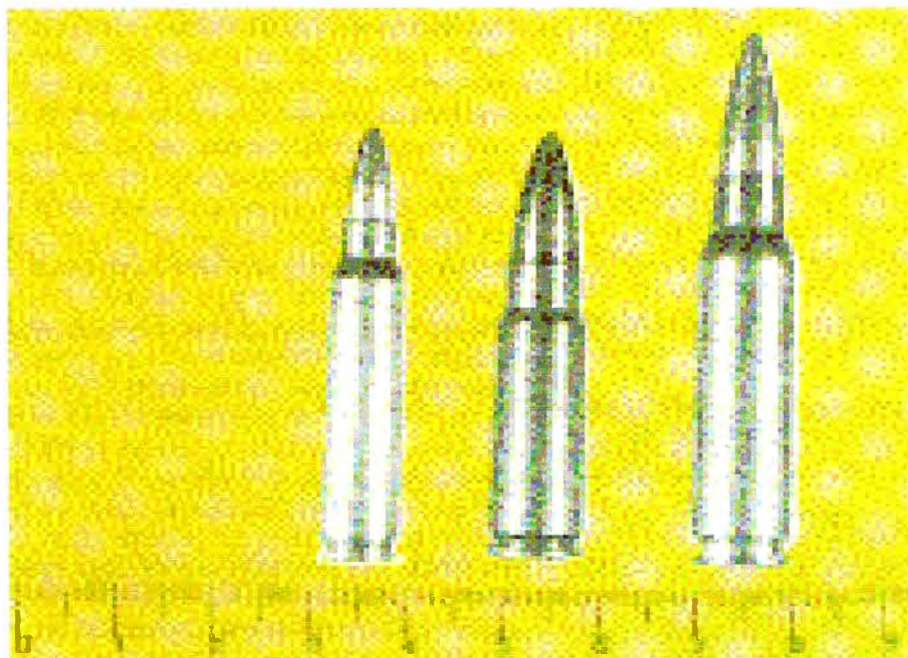


Fig N° 1.1

TIPOS DE CARTUCHO

De izquierda a derecha Calibre 5.56 x 45mm, Calibre 7.62 x 39 mm y Calibre 7.62x 51mm.

La bala se usa en fusil de asalto M-16 A-1 y el M-16 A-2 como arma básica de infantería.

Paralelamente al M-16, se desarrolló el AR-15 (versión semiautomática del M-16), que luego habría de ser exportado a los países de América Latina, más concretamente a sus policías y sus escuadrones contrainsurgentes.

1.1 Objetivo de la FAME

Es reacondicionar la línea de proceso de Cartucho Cal 7.62x51mm por Cal. 5.56x45mm, para después del cálculo y diseño, fabricar los utilajes en los procesos de embutido, estirado, ensamble, ranurado y también la línea de control dimensional y encartuchado, ejecutándolo en la línea de proceso antiguo.

1.2 Finalidad de la FAME

La fabricación de balas de guerra calibre 5,56 mm en la FAME, permitiría avanzar con el objetivo de la FAME y el Ejército del Perú en cristalizar el objetivo de ensamblar cartuchos de guerra calibre 5,56x45 mm en el Perú, evitando la importación de ésta munición.

Este proyecto persigue normalizar y estandarizar el proceso de fabricación de balas calibre 5,56 mm de alta precisión, para que la FAME esté en condiciones reales de ensamblar cartuchos calibre 5,56x45 mm-

FAME con calidad balística y el Ejército logre abastecer oportuna y técnicamente en todo tiempo a las F.F.A.A. y PNP del Perú.

1.3 Área de Aplicación

El área de aplicación se enmarca dentro de la fabricación de municiones de pequeño calibre, caracterizada por procesos de deformación.

Si nos basamos en la teoría aplicada al proyecto, una área de aplicación sería la maestranza y mantenimiento militar especializado.

Además de componentes y material para lograr la operatividad de equipo que presenten obsolescencia, como alternativa de solución a problemas técnicos.

1.4 Antecedentes

Reseña Histórica

El 19 de Julio de 1962, fue inaugurado FAME por el presidente de la republica Don Manuel Prado Ugarteche.

Con DL 14608 del 25 de Julio de 1,963, la Junta de Gobierno Militar crea la Fábrica de Municiones del Ejército para asegurar en el país el abasto de las FF. AA. y Fuerzas Auxiliares a fin de evitar las restricciones y demoras que frecuentemente se presentan cuando este abastecimiento se efectúa desde mercados extranjeros.

Con DL 20231 del 27 de Noviembre de 1,973. El gobierno crea Industrias Militares del Perú (INDUMIL PERU S.A.), y por una disposición transitoria de la misma ley, INDUMIL PERU S.A., asume las funciones de la FAME. (INDUMIL PERU pertenecía al Ministerio de Guerra).

Con DL 434 de 1,987, ley orgánica del MINDEF, INDUMIL PERU S.A. se incorpora al Ministerio de Defensa como una empresa del sector.

Con DS 018 DE/SG de Abril 96, se autoriza la disolución con liquidación de las empresas de INDUMIL PERU S.A. por imposibilidad sobreviviente de realizar su objeto social.

Con DU 021-97 del 11 de Marzo 97, se transfiere en propiedad al Ejército los activos en liquidación de la FAME, FULME, FABLE (Complejo Industrial Nievería).

El 01 de marzo del 2001, mediante DS-006 se crea la Unidad Productora del Ejército denominada FÁBRICA DE ARMAS y MUNICIONES DEL EJÉRCITO (FAME), como órgano descentralizado del COLOGE (ahora DILOGE).

La Fábrica Armas y Municiones del Ejército – FAME ah tenido la iniciativa de implementar la línea de fabricación de Cal. 5.56 x 45mm.

En 1962 el Ejército inauguró la FAME para la Producción de Munición de Pequeño calibre, con equipamiento para fabricar munición Cal .32, .38, 9 y 7.62 en todas sus variedades.

Ubicación Geográfica

Se muestra en el siguiente plano:

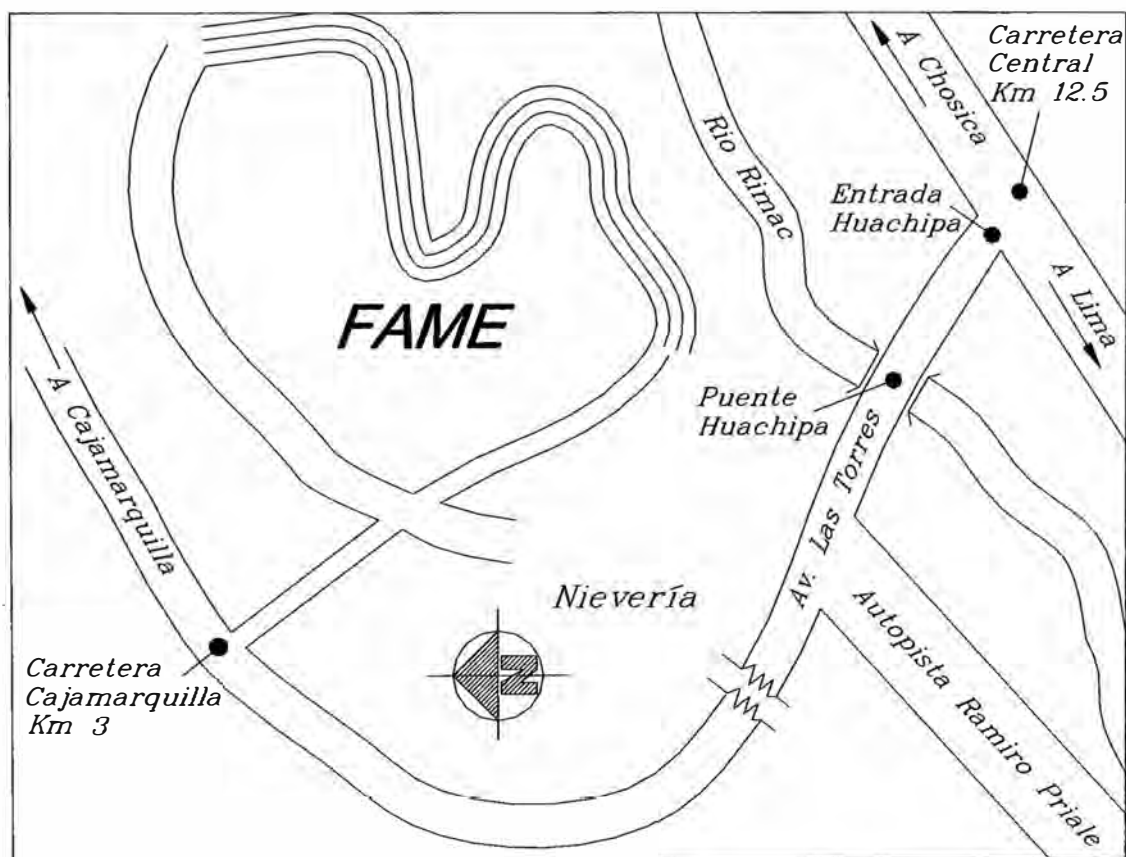


Fig N ° 1.2

Líneas de Producción

La Planta de Fabricación de munición de Pequeño calibre dispone de una línea de producción casquillo para Cal. 7.62x51mm, Cal. 9mm Parabelum.

En la línea de producción bala se encuentra dos (02) líneas de fabricación una de versión antigua y otra de versión moderna. En la actualidad está en uso la línea moderna, por tener mayor rendimiento en horas / máquina. Para la presente Tesis se trabajara en la línea antigua. Ver Fig 3.1 (Línea de Proceso de Fabricación de Balas Calibre 5.56 x 45 mm. en la FAME.)

1.5 Objetivo de la Tesis

Diseñar los Utilajes para la Fabricación de Bala Calibre 5.56 x 45mm; empleando las Máquinas y Equipos pertenecientes a la línea antigua de fabricación de bala Calibre 7.62 x 51mm.

Plantear el sistema de control de calidad en la línea de Fabricación de Balas Calibre 5.56 x 45mm.

CAPITULO 2 REQUERIMIENTO DE NECESIDADES

La Fábrica (FAME) como única empresa nacional dedicada a la Fabricación de Municiones se propone satisfacer la necesidad de munición de Cartucho Cal. 5.56 x 45mm. de las F.F.A.A. y Policiales e ir teniendo competitividad para el mercado internacional.

2.1 Alternativas de solución

1ra Alternativa

Importación de la línea de Fabricación de la bala Calibre 5.56 x 45 mm.

El costo de la inversión seria U.S \$. 5'879,999.

2da Alternativa

Importación del Equipo de matriceria para la Fabricación de bala Calibre 5.56 x 45mm, montados en las maquinas pertenecientes a la línea antigua de fabricación de bala Calibre 7.62 x 51mm.

2.2 Alcance de la Tesis

La presente Tesis tiene los siguientes alcances:

Según las Normas de MANURHIN y las Especificaciones Técnicas de la OTAN se determinaran los Parámetros para el Diseño de la Bala Calibre 5.56 x 45mm hallando lo siguiente:

- a) **Materiales Requeridos.**
- b) **Dimensiones de la Bala Calibre 5.56 x 45 mm.**
- c) **Definir los procesos de Fabricación para La Bala Calibre 5.56 x 45mm.**
 - **Fabricación del Núcleo de Plomo – Antimonio.**
 - **Fabricación de la Envoltura de la Bala.**
 - **Ensamble de la Envoltura o Camiseta de la Bala y Núcleo de Plomo - Antimonio.**
- d) **Selección de los Utilajes.**
- e) **Definir el Control de Calidad para el Proceso de Fabricación de La Bala Cal.5.56 x 45mm.**

CAPITULO 3 PROCESOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE LA BALA

3.1 Operaciones : Procesos de Manufactura y Tratamientos Térmicos que participan en la Fabricación de Bala

Se trabajaron los siguientes puntos críticos

- a) Fabricación del núcleo de Plomo-Antimonio**
- b) Fabricación de la Envoltura de la Bala**
- c) Ensamble de la Envoltura o Camiseta con Núcleo de Plomo – Antimonio**

En las Figuras N° 3.1 y N° 3.2 se detalla el Diagrama de Proceso de Fabricación de la Bala Calibre 5.56x 45 mm. y las partes o elementos que conforman un cartucho Calibre 5.56 x 45 mm; respectivamente.

A continuación se detalla las operaciones que intervienen en cada proceso de fabricación de la bala

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LINEA DE FABRICACIÓN DE LA BALA CALIBRE 5.56X45MM

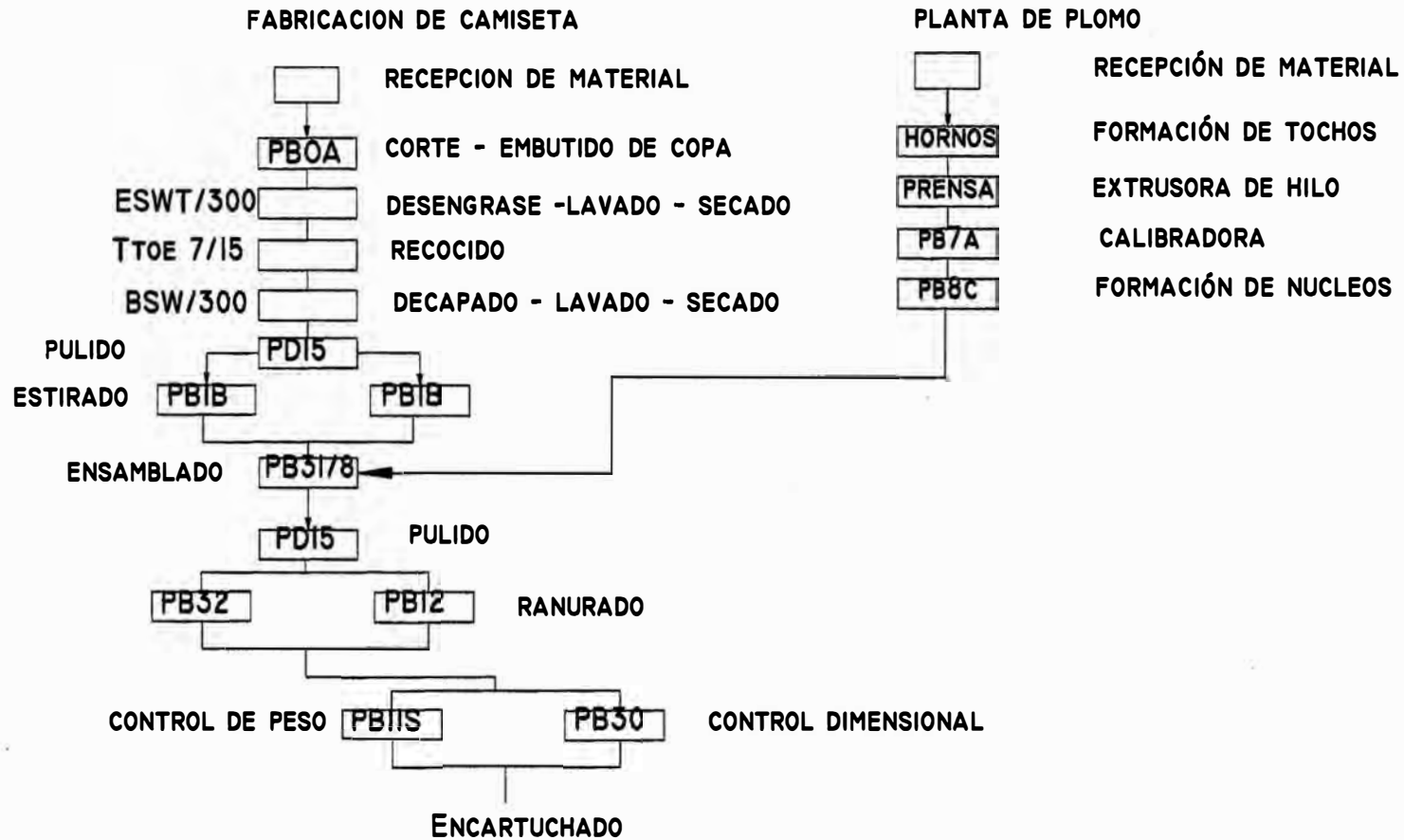
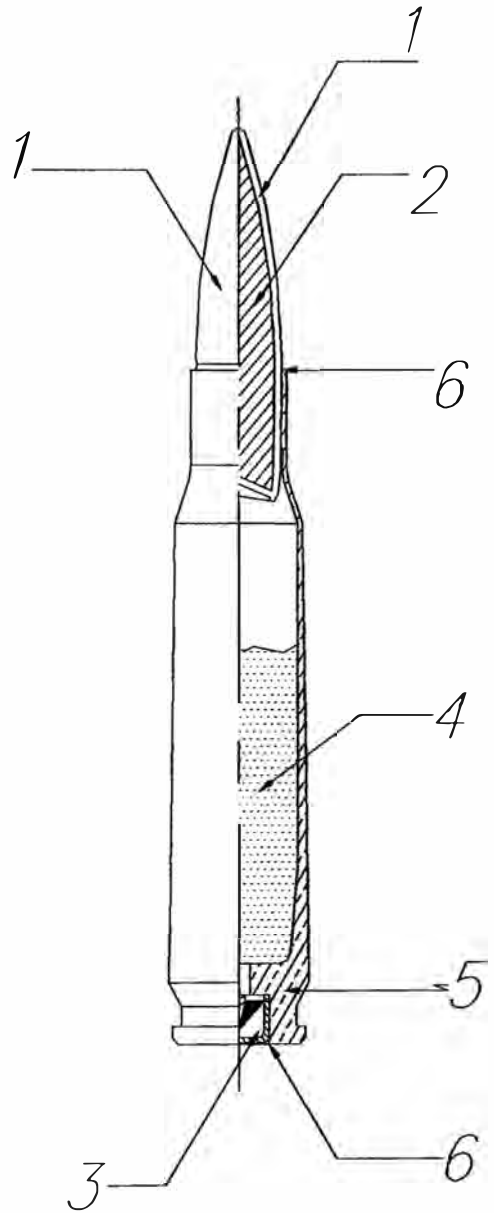


Fig N° 3.1



6		BARNIZ
5		CASQUILLO
4		POLVORA PROPULSIVA
3		FULMINANTE
2		NUCLEO DE BALA
1		CAMISETA DE BALA
ITEM	CANT.	DESIGNACION
PROYECTO FABRICACION DE CARTUCHO 5,56x45		
Auto :		INGENIERIA Y PLANEAMIENTO
Título :		ESQUEMA DEL CARTUCHO 5,56x45mm
	NÚMERO	DESEÑADOR
	01	IVAN ORTIZ P.

Fig N°3.2

a) Fabricación del Núcleo de Plomo - Antimonio**Operación N° 1**

Preparación de la aleación Plomo y Antimonio.- Se utiliza un horno de calentamiento a petróleo y un crisol de acero, especialmente diseñado para este fin. Una vez encendido el horno y calentado el crisol a una temperatura de 600 °C, se adiciona el plomo electrolítico y antimonio crudo al 2,5% y se agita constantemente; al cabo de 30 minutos son vaciados en lingoteras para luego ser enfriados.

Operación N° 2

Formación de Tochos de Plomo - Antimonio.- Los lingotes enfriados (de 60 – 70 Kg), son llevados a un horno eléctrico calentado a 450°C e introducidos para ser nuevamente fundidos y mezclados e inmediatamente en el estado líquido ser vaciados a unos moldes de forma cilíndrica, para luego ser enfriados rápidamente en agua fría. El producto obtenido se denomina **TOCHOS.**

Operación N° 3

Máquina : LACHAUSSE 22125

Formación de Hilos de Plomo - Antimonio.- En una máquina tipo extrusora de hilos que trabaja con temperaturas mayores de 180°C, los tochos son introducidos para luego obtenerse hilos con diámetros de 10 mm aproximadamente; este hilo es enrollado automáticamente para su posterior calibración.

Estos hilos seran llevados a la operación de calibración de hilos de plomo.

FORMACIÓN DE HILOS DE PLOMO LACHAUSSE 22125



Fig N °3.3

Operación N° 4

Máquina : PB7A

Calibración de Hilos de Plomo - Antimonio.- Los rollos obtenidos en la operación anterior son llevados a la máquina calibradora de hilos. En ésta operación el hilo pasa a través de matrices de corte, que elimina todo exceso de plomo – antimonio en el diámetro, dejándolo en 8 mm; simultáneamente el hilo calibrado se va enrollando para luego pasar a la operación siguiente.

CALIBRACIÓN DE HILOS DE PLOMO PB7A



Fig N° 3.4

Operación N° 5

Máquina : PB8C

Formación del Núcleo de Plomo - Antimonio.- Se utiliza una máquina tipo prensa horizontal, ésta máquina que trabaja con matrices de forma y corte, se encarga de dar la forma respectiva en

ojiva al hilo entrante en esta máquina. El producto obtenido en forma de ojiva, es denominado núcleo de bala, el cual grafitado y llevado al taller de fabricación para su respectivo ensamble con la camiseta de Latón en Banda y obtener finalmente la bala.

FORMACIÓN DE NÚCLEOS DE PLOMO PB8C



Fig N° 3.5

MATRICERIA DE LA MÁQUINA PB8C

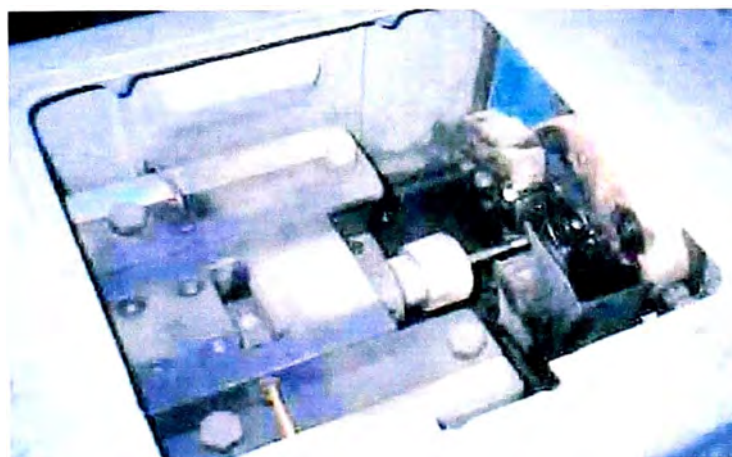


Fig N° 3.6

Operación N° 6

Máquina : PD15B

Grafitación del Núcleo de Plomo – Antimonio.- Se utiliza una máquina tipo tambor rotativo, ésta máquina se encarga de grafitar el núcleo de plomo, que dará al núcleo una superficie mas dura para así reducir posibles problemas que se presentarían a la hora del ensamblado.

b) Fabricación de la Envuelta de Bala

A continuación detallaremos las operaciones :

Operación N° 1

Operación de Embutido: Formación de la Copa bala de Latón en Banda

Máquina PBOA

De este proceso se obtiene la **copa bala**, producto que es embutido de la plancha de latón.

- 1) La máquina PBOA 6265, con una velocidad de 88 golpes / min.
Por cada golpe que da la máquina, esta arroja cuatro copitas simultáneamente.

- 2) Antes del ingreso a la máquina tipo troqueladora, se debe de eliminar dobladuras, ralladuras profundas, oxidación superficial y bandas deformadas, debido a la manipulación en el momento de alimentar la banda en la máquina.

- 3) Supervisar siempre la salida del producto de la máquina, con la finalidad de detectar cualquier defecto superficial o interno que puede presentar el producto debido al deterioro de la matriz y punzón respectivamente.

Productos Obtenidos.- Copitas de Latón en Banda con una película del lubricante utilizado en la máquina, consistente en una solución de jabón que también actúa de refrigerante entre el producto y la herramienta utilizada

MÁQUINA FORMADORA DE COPAS BALA PBOA



Fig N° 3.7

DESPERDICIO DEL MATERIAL LATÓN EN BANDA PROCESADO

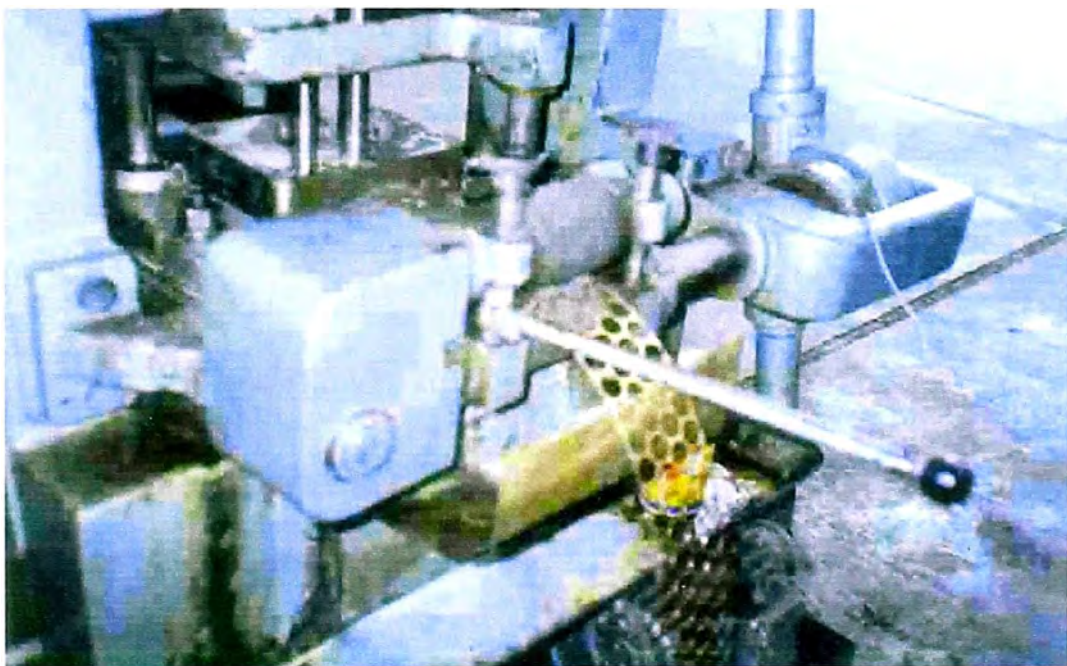


Fig N° 3.8

Operación N° 2

Desengrase – Lavado – Secado de las Copitas de Latón en banda

Esta operación se realiza dentro de una lavadora automático tipo T-300 OE 1045, 1044 ó 1013. Realizándose los siguientes pasos :

- 1) **Desengrase**
- 2) **Lavado en Frío**
- 3) **Lavado Caliente y**
- 4) **Secado**

DESENGRASE – LAVADO - SECADO



Fig N° 3.9

Operación N° 3

Recocido de las Copitas de Latón en banda

Máquina Utilizada.- El recocido de las copitas de Latón en Banda, se realiza dentro de un horno rotativo eléctrico, tipo TTOe 7/15 Oe 1047

Dureza.- La dureza debe estar comprendida entre los siguientes rangos:

Dureza : 50 – 60 HV5

HV5 = Dureza Vickers con una carga de 5 Kg

Productos Obtenidos.- Copitas de Latón en Banda con una capa de óxido.

RECOCIDO DE LAS COPITAS DE TOMBAGO TTOe 7/15



Fig N° 3.10

Operación N° 4 :

Decapado – Lavado – Secado de las Copitas de Latón en banda

Esta operación se realiza en forma similar a la operación N° 2, solamente la diferencia está en que se realiza un decapado (ataque químico en medio ácido) a las copitas de Latón en Banda que salen del horno de recocido, con la finalidad de eliminar la capa de óxido,

que es perjudicial para el proceso de fabricación que estamos describiendo.

Operación N° 5

Pulido

Máquina : PD15B

El pulido se realiza con retazos de cuero. Los productos obtenidos en el pulido deberán ser de una brillantez impecable, con la finalidad de disminuir el coeficiente de rozamiento entre el material y el utilaje,

así mismo para que la película del lubricante no tienda a abrirse, permitiendo de ésta manera el contacto entre las herramientas y el material.

Tiempo de Operación.- 20 minutos como promedio.

Operación N° 6 :

Estirado y Corte de las Copitas

Máquina : PB1B

De éste proceso se obtiene la **vaina**, producto que es estirado de la **copa bala**, por tres procesos estirados y un proceso de corte.

Se procederá a calcular las dimensiones internas y externas de cada producto para cada proceso de estirado que por ende nos dará las medidas exteriores e internas de la punzonería y matricería respectivamente.

PB1B 6225 C con una velocidad de 80 golpes / min.

Nota : En esta operación si se observa hay un proceso de corte por el cual el producto estirado pierde material(pérdida de peso), esto es importante ya que es base para el cálculo de los procesos de ojivado que en el siguiente punto se explica brevemente.

ESTIRADO DE COPAS DE TOMBAGO PB1B

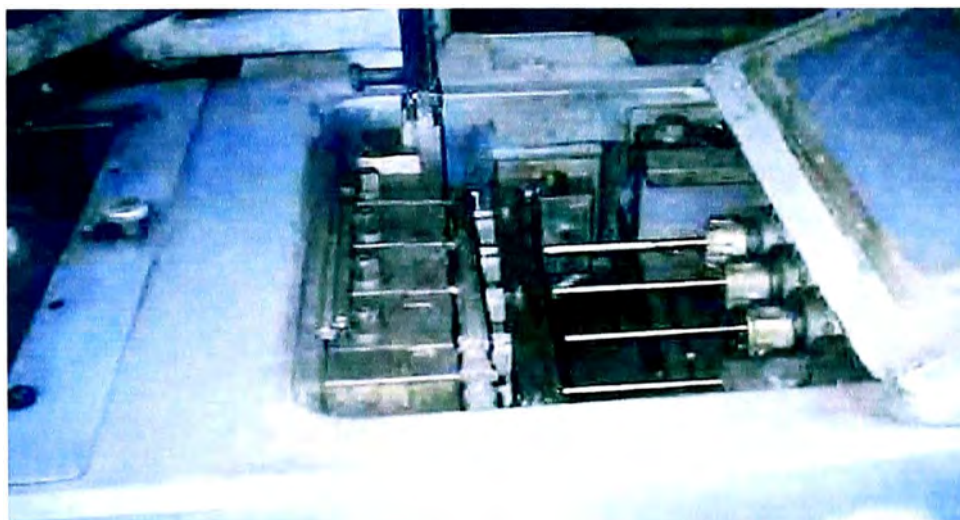


Fig N° 3.11

c) **Ensamble de la Camiseta con Núcleo de PB-SB**

Operación N°1:

Ensamble de Ojivado y Ensamble

Máquina PB31/8

De este proceso se obtiene la **bala ensamblada**, producto que es manufacturado de la **vaina**, llevado por tres procesos de ojivado, un ensamble, tres de cierre y un calibrado.

En esta operación se unirá tanto la camiseta como el plomo.

Se procederá a calcular las dimensiones internas y externas de cada producto para cada proceso de ojivado, ensamble, cierre y calibrado

**MÁQUINA ENSAMBLADORA DE BALAS
PB31/8**



Fig N° 3.12

Operación N° 2:

Ranurado

Máquina PB12A

De este proceso se obtiene la **bala terminada**, producto que es ranurado de la **bala ensamblada**.

Este proceso da termino a la línea de fabricación de la Bala Calibre 5.56 x 45mm.

FORMACIÓN DE RANURADO PB12A



Fig N° 3.13

3.2 Tratamiento Térmico

El Tratamiento Térmico presente en el proceso cumplen una función importante, ya que alivia las tensiones producidas por los procesos de deformación en el producto, uniformiza los granos de la estructura cristalizada, baja la dureza para que en los posteriores procesos de deformación los productos que serán estirados y embutidos, puedan ser moldeables sin problema y no presenten roturas ni agrietamientos.

3.3 Matricería que Participa en la Fabricación de Bala

Indicamos los Utilajes seleccionados que tendrá participación directa en la Fabricación de la Bala Calibre 5.56x45mm.

Lista de Utilajes

N/O	MÁQUINA	DENOMINACIÓN	PLANO
			código
1	PBOA Operación (FORMACIÓN DE LA COPA BALA)	PUNZÓN EMBUTIDO	001P5.56
2		PUNZÓN CORTE	002P5.56
3		GUIA PUNZÓN DE CORTE	003P5.56
4		MATRIZ CORTE	004P5.56
5		CUERPO DE EXTRACTOR	005P5.56
6		MORZA EXTRACTOR FRENO	006P5.56
7		RESORTE	007P5.56
8		EJE	008P5.56
9	PB1B Operación (ESTIRADO DE LA COPA O FORMACIÓN DE LA VAINA)	PUNZÓN (1er ESTIRADO)	001P5.56
10		GUIA (1er ESTIRADO)	002P5.56
11		MATRIZ SUPERIOR (1er EST.)	003P5.56
12		MATRIZ INFERIOR (1er ESTIRADO)	004P5.56
13		PUNZÓN (2do ESTIRADO)	005P5.56
14		GUIA MATRIZ (2do ESTIRADO)	006P5.56
15		MATRIZ (2do ESTIRADO)	007P5.56
16		PUNZÓN (3er ESTIRADO)	008P5.56
17		GUIA (3er ESTIRADO)	009P5.56
18		MATRIZ (3er ESTIRADO)	010P5.56
19		GRANO DE MATRIZ (2do EST.)	011P5.56
20		GRANO MATRIZ (3er EST.)	011P5.56
21		GRANO BLOCK (1er,2do,3er EST.)	012P5.56
22		EXTRACTOR (1er,3er ESTIRADO)	013P5.56
23		PUNZÓN (4to ESTIRADO)	014P5.56
24		MATRIZ CORTE (4to ESTIRADO)	015P5.56
25		CUERPO DE EXTR. (4to EST.)	016P5.56
26		EXTRACTOR (4to ESTIRADO)	017P5.56
27		RESORTE (4to ESTIRADO)	018P5.56
28		TAPA (4to ESTIRADO)	019P5.56
29	ANILL. EXTER. Ø7.8mm (4to EST.)	020P5.56	
30	ANILL. EXTER. Ø8.44mm (1er EST.)	020P5.56	

N/O	MAQUINA	DENOMINACION	PLANO
			codigo
31	PB1B Operación (ESTIRADO DE LA COPA O FORMACIÓN D ELA VAINA)	ANILL. EXTER. Ø8.5mm (2do EST.)	020P5.56
32		ANILL. EXTER. Ø8-8.5mm (3er EST.)	020P5.56
33		PINZA (1er, 4to ESTIRADO)	021P5.56
34		FUNDA (1er, 4to ESTIRADO)	022P5.56
35		GRANO (1er, 4to ESTIRADO)	023P5.56
36	LACHAUSSE 22125	PORTA MATRIZ	001P5.56
37	Operación (Hilo de plomo)	MATRIZ	002P5.56
38	PB7A Operación (calib. de hilo de pb)	MATRIZ DE CALIBRADO	001P5.56
39	PB8C Operación (FORMACIÓN DEL NÚCLEO DE PB SB)	MATRIZ CORTE	001P5.56
40		PUNZÓN EMBUTIDO	002P5.56
41		MATRIZ	003P5.56
42		EXTRACTOR	004P5.56
43		EXTRACTOR VAINA	005P5.56
44		GRANO	006P5.56
45		TUERCA	007P5.56
46		PINZA DE PUNZON	008P5.56
47		FUNDA	009P5.56
48		GRANO DE PINZA	010P5.56
49	PB31/8 (ENSAMBLE DE LA CAMISETA DE LA BALA Y NÚCLEO DE PLOMO)	PUNZ. OJIVADO (1er OJIV.)	001P5.56
50		GUIA PUNZ.(1er OJIV. E INTR.DE Pb)	002P5.56
51		GRANO (1er OJIV. E INTR.DE Pb)	003P5.56
52		EXTRACTOR (1er OJIVADO)	004P5.56
53		MATRIZ (1er OJIVADO)	005P5.56
54		TIRANTE (1er OJIVADO)	006P5.56
55		GRANO MATRIZ (1er OJIVADO)	007P5.56
56		EXTRACTOR (1er OJIVADO)	008P5.56
57		PINZA (1er OJIVADO)	009P5.56
58		PUNZÓN (2do OJIVADO)	010P5.56
59		MATRIZ (2do OJIVADO)	011P5.56
60		GRANO MATRIZ (2do OJIVADO)	012P5.56
61		EXTR. DE MATRIZ (2do OJIVADO)	013P5.56
62		PINZA (2do OJIVADO)	014P5.56
63		PUNZÓN (3er OJIVADO)	015P5.56
64		MATRIZ (3er OJIVADO)	016P5.56
65		TIRANTE (2do -3er OJIVADO)	017P5.56
66		PUNZÓN (4to OJIVADO)	018P5.56
67		GUIA (3er-4to OJIVADO)	019P5.56
68		MATRIZ (4to OJIVADO)	020P5.56

N/O	MAQUINA	DENOMINACION	PLANO
			codigo
69	PB31/8 Operación (ENSAMBLE DE LA CAMISETA DE LA BALA Y NÚCLEO DE PLOMO)	GRANO MATRIZ (4to OJIVADO)	021P5.56
70		PUNZÓN (INTR. DE NUCLPb)	022P5.56
71		ANILL.TRACC.(2do-3er-4toOJIV.- INTR.Pb)	023P5.56
72		MATRIZ (INTR.DE NUCL.DE PLOMO)	024P5.56
73		PUNZÓN (FORM.DE CONO PARTE 1)	025P5.56
74		PUNZÓN (FORM. DE CONO PARTE 2)	026P5.56
75		GRANO (FORMACION DE CONO)	027P5.56
76		PUNZÓN (FORMACION DE REBORDE)	028P5.56
77		PUNZ.ESP.(CONT.PUNZ. Y FORM. REB.)	029P5.56
78		GRANO (FORMACION DE REBORDE)	030P5.56
79		PUNZÓN (ACABADO POSTERIOR)	031P5.56
80		PUNZÓN (ACABADO POSTERIOR)	032P5.56
81		MATRIZ(FORM.D'CONO A ACAB.POST.)	033P5.56
82		TIRANTE(FORM.D'CONO - ACAB.POST.)	034P5.56
83		GRANO MATRIZ	035P5.56
84		EXTRACTOR	035AP5.56
85		PINZA (INTR. DE NUCL Pb A ACAB.)	035BP5.56
86		GRANO (1ER OJIVADO A ACABADO)	035CP5.56
87		PUNZÓN (CALIBRADO)	036P5.56
88		MATRIZ CARB (CALIBRADO)	037P5.56
89		GUIA MATRIZ (CALIBRADO)	038P5.56
90		PINZA (2do-3er-4to OJIV. Y CAL.)	039P5.56
91		FUNDA (2do-3er-4to OJIV.Y CAL.)	040P5.56
92		GRANO (2do-3er-4to OJIV.Y CAL.)	041P5.56
93		PINZA (FORM. DE CONO DE REB.)	042P5.56
94		FUNDA (FORM. DE CONO DE REB.)	043P5.56
95	PB12A Operación (RANURADO DE LA BALA)	MOLETA	001P5.56
96		DISCO FORMA	002P5.56
97		DISCO ALISADO	003P5.56
98		PUNZÓN (MOLETEAR)	004P5.56
99		ESTRIBO	005P5.56

3.4 Modificaciones a realizarse en la Matricería

Las siguientes dibujos en sección muestran las dimensiones a modificarse en los diferentes procesos de deformación a realizarse.

MÁQUINA PBOA (EMBUTIDO Y CORTE)

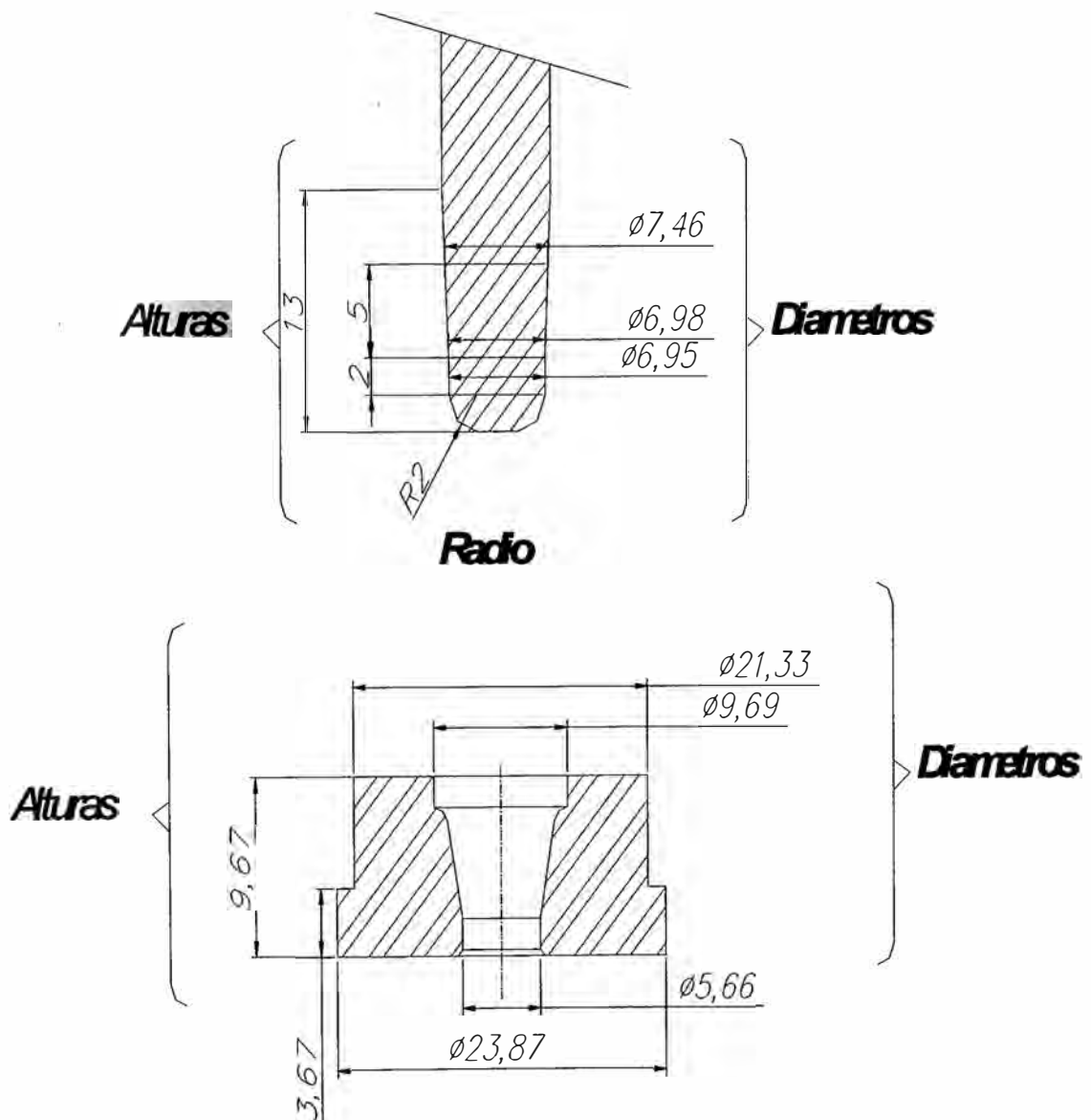


Fig 3.14

MÁQUINA PB1B (ESTIRADO)

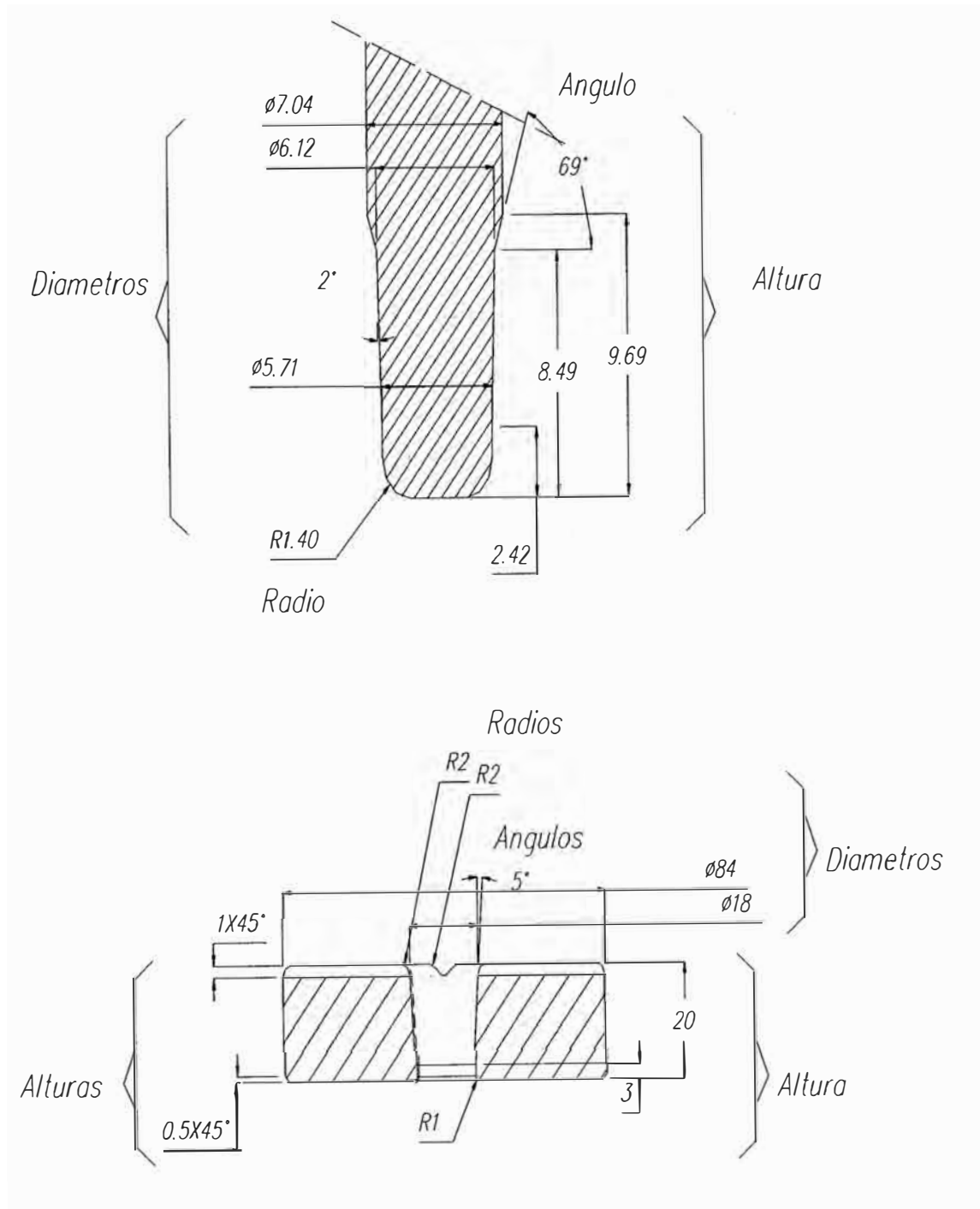


Fig 3.15

MÁQUINA PB31/8 (FORMACIÓN DE ENVOLTURA DE BALA Y ENSAMBLE)

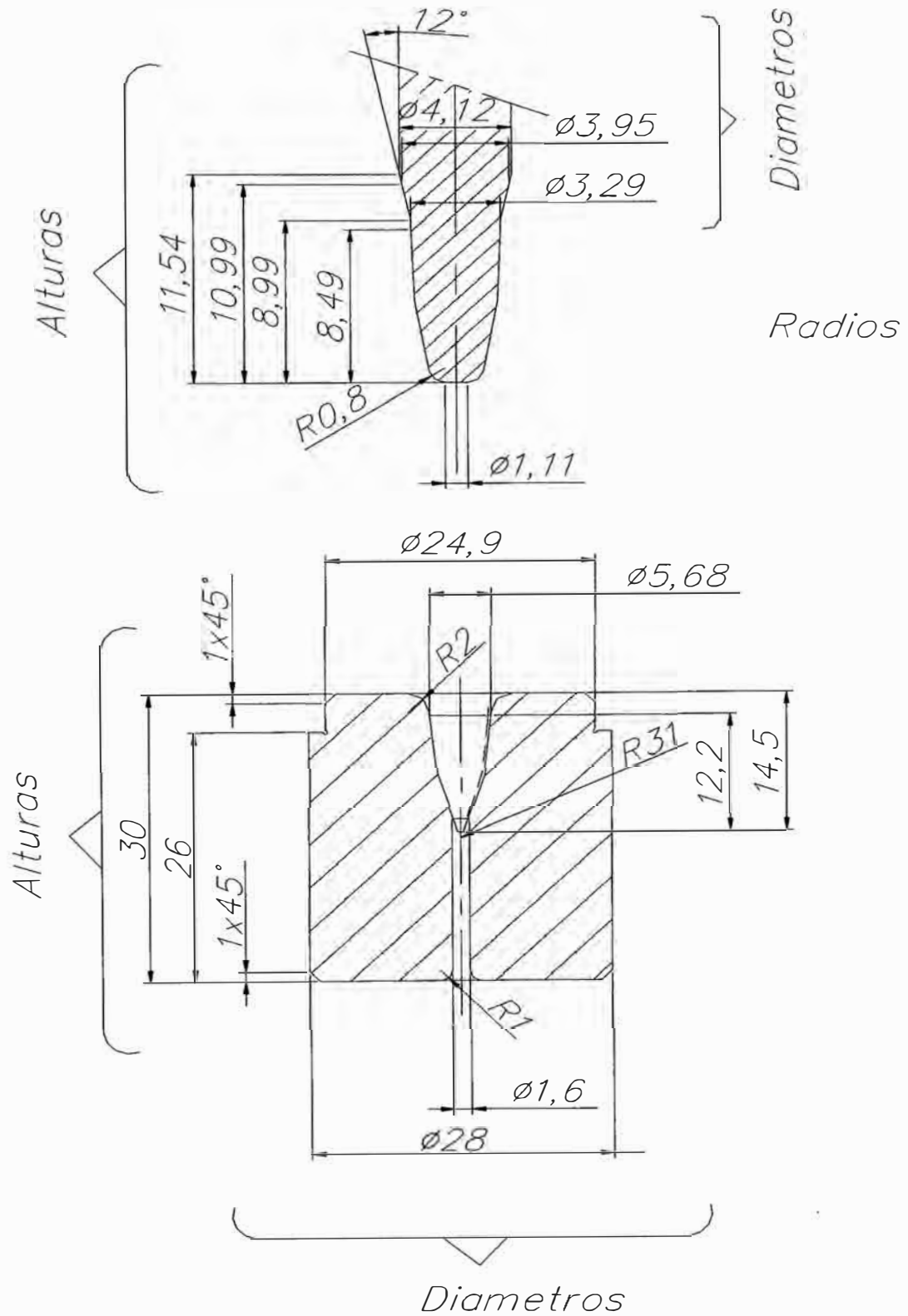


Fig 3.16

CAPITULO 4

NORMAS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En lo que respecta a las características técnicas y físicas de la bala(calibre, peso, forma total, velocidad, precisión, etc.), nos basamos en la norma internacional NATO(Organización del Tratado Atlántico Norte).

El proceso de fabricación de la bala calibre 5.56 x 45mm, se llevara a cabo bajo las especificaciones que la FAME adecuó en base a las especificaciones de proceso de la MANURHIN de Cal. 7,62 mm a Cal. 5,56 mm.

CARACTERÍSTICAS DEL CARTUCHO ORDINARIO
CAL. 5.56x45 mm NATO

CARTUCHO

Calibre 5.56x45 mm. Clase Guerra. Tipo Ordinario. Modelo 1973.

Longitud : 57.40 – 0.63.

Peso : 11.80 g.

BALA

Tipo Aerodinámica. Ordinaria, Ranurada.

Camiseta : Latón 90 / 10.

Núcleo de Plomo antimonioso (Pb – Sb.).

Peso : 3.63 – 0.13 g.

VAINA

Tipo Golleteada, con ranura .

Material Latón 72 / 28

Alojamiento Bóxer

Longitud 44.70 –0.25.

Peso 5.70 gr.

CARGA DE PROYECCIÓN

Fil. Especial G. (1.76g) .

Tipo Pólvora Progresiva sin humo

Características Una base Tubular

CÁPSULA

Tipo Bóxer.

Iniciador	:	Sinoxid
Explosivo principal	:	Tetrinox (20 miligramos)
Material	:	Latón 72 / 28 Niquelada
Diámetro	:	4.5
Peso	:	0.186g.

CARACTERÍSTICAS BALÍSTICAS

Velocidad inicial	:	990 m / s
Energía en boca	:	176 kp - m.
Presión en recamara	:	Menor de 3656 kp / cm ²
Precisión	:	Radio medio menor de 50.8mm a 180m.
Fuerza de engaste	:	Mayor de 16 kg.
Alcance máximo	:	2500m.
Alcance eficaz	:	600 m.

Estanqueidad al agua absoluta

OTROS DATOS

Cajas de cartón de 30 cartuchos (peso 350g). Empaques opcionales .

CARTUCHO ORDINARIO 5,56x45mm.

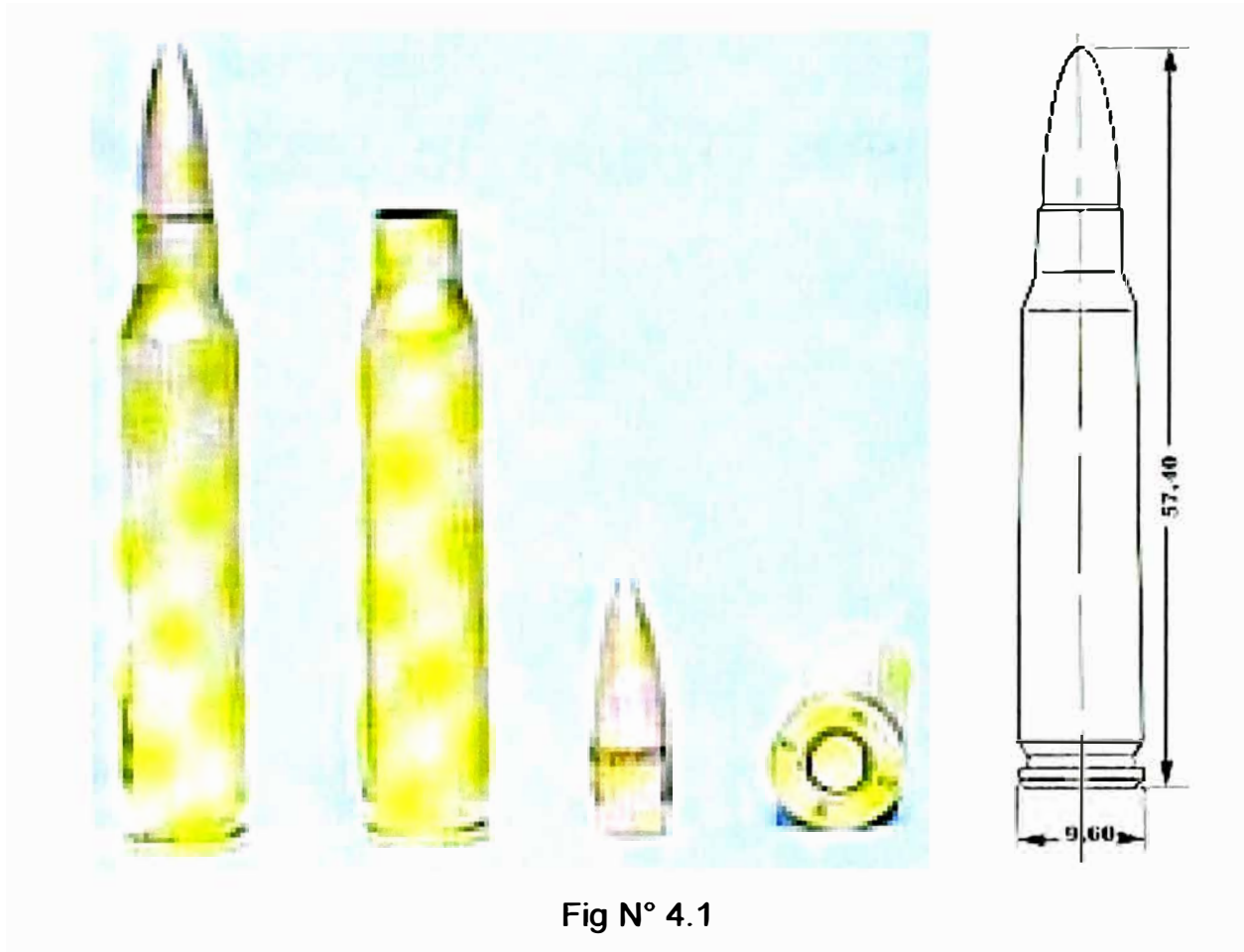


Fig N° 4.1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES PARA LA
ELABORACIÓN DE LA BALA CAL. 5,56 FAME
LATÓN 90/10 PARA CAMISETA DE BALA

PARAMETROS**VALORES Y TOLERANCIAS****1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS****Dimensiones**

Ancho	77,0 + 0,1 mm
Espesor	1,10 + 0,02 mm

2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

▪ Cobre	89 – 91 %
▪ Zinc	La diferencia
▪ Plomo	0,05 % Máximo
▪ Fierro	0,05 % Máximo
▪ Elementos diferentes al Pb y Zn	0,13 % Máximo

3. PROPIEDADES MECÁNICAS**Al estado de entrega – LAF**

a) Resistencia a la Tracción	33,5 – 37,5 Kgf/mm ²
b) Dureza	100 – 110 HV5

4. ACABADO

▪ Proceso	Laminado en frío.
▪ Superficie	Sin oxidación, doblez, hundimientos, rotura, picaduras, ralladuras
▪ Bordes	Sin rebabas en sus bordes laterales ni sus extremos
▪ Curvaturas de las Bandas	No deben exceder de 2 mm por metro lineal.

PARAMETROS**VALORES Y TOLERANCIAS****5. APLICACIONES**

En la fabricación de camiseta (blindaje) de proyectiles tipo ORDINARIO Cal 5,56 mm NATO.

6. PRESENTACIÓN

En bobinas (corona) cuyo peso NO excederá de 150 Kg.

7. EMBALAJE

Las bobinas serán embaladas en cajas de madera, de forma tal que durante el transporte y manipulación de las mismas, NO corran el riesgo de ovalarse o deformarse.

REFERENCIA

Pliego de Condiciones para el suministro de TOMBAGO en bandas para la fabricación de camisetas de balas Cal 7,62 y 9 mm MANURHIN.

ALEACIÓN DE Pb-Sb PARA NÚCLEOS DE BALA

<u>PARÁMETROS</u>	<u>VALORES Y TOLERANCIAS</u>
1. PROPIEDADES FÍSICAS	
.Estado	Sólido compacto
.Color	Gris azulado
.Densidad	11,20 g /cm ³
2. PROPIEDADES QUÍMICAS	
. Antimonio	2,5 – 3,0 %
..Plomo	Diferencia
. Materias extrañas (escoria)	0,6 % Máximo
3. ACABADO	Superficie sin grandes contenidos de escoria y exenta de oxidación.
4. USO	En la fabricación de hilos para núcleos de bala y perdigones.
5. PRESENTACIÓN	Lingotes de 40 – 50 Kg.

REFERENCIA

Datos de internamientos realizados en el año 2000-2004

Especificación de los Componentes de la Bala según MANURHIN**Núcleo de Plomo**

Porcentaje de Sb	1.5 ± 0.5 %
Peso de Plomo	2.50 +0.02 gr.

Camiseta Bala

Camiseta s / corte	1.35 ± 0.05 gr.
--------------------	-----------------

Plano de Línea Moderna para Proceso de Cartucho según la Norma MANURHIN.

Ver (Anexo Productos Manufacturados de Línea de Proceso de Cartucho Calibre 5.56x45mm.)

CAPITULO 5 FUNDAMENTO TEÓRICO PARA LA FABRICACIÓN DE LA BALA CAL.5.56 X 45mm.

El Marco Teórico para éste proyecto se inicia por la terminología, definiciones, conceptos sobre la denominación de la bala Cal. 5.56x45mm.tipo aerodinámica, conceptos sobre la fabricación de la vaina y envuelta de la bala (ojiva).

5.1 Terminología

Terminología usada en el Campo Militar

El Cartucho: El cartucho es un conjunto de elementos que mediante un funcionamiento perfectamente calculado, se consigue velocidad, trayectoria, perforación y efecto sobre el blanco, constituyendo además la razón del ser del arma.

Componentes del Cartucho

BALA O PROYECTIL: La bala o proyectil es el elemento más activo del cartucho y para la efectividad, el más importante. La bala es la masa metálica, que sigue la trayectoria del rayado del arma con sus consecuentes movimientos de rotación y traslación.

Componentes de la Bala.-

Envuelta de la Bala o Camiseta: Este conforma la parte superficial de la bala y es el resultado de la fabricación de la banda de Latón a través de las operaciones antes mencionadas:

Copa Bala : Es el primer producto procesado que da inicio a la fabricación de la envuelta.

Vaina: Es el resultado del proceso de deformación (estirado) que se le aplica a la copa bala.

Envuelta o Ojiva Es el resultado del procesado de la Vaina estirada.

Núcleo de Plomo: Esta conforma la parte interna de la bala

Culote : Parte inferior de la bala

2. **Vaina o Casquillo:** La vaina constituye el elemento más importante de la estructura del cartucho. La vaina es un recipiente metálico, de forma tubular, destinado a constituir el armazón y el recinto del cartucho, aloja a la carga de pólvora y a la cápsula iniciadora y mantiene rígidamente unida a la bala en su extremo abierto.

3. **Pólvora o Carga de Proyección:** La pólvora es el elemento del cartucho que ha de impulsar la bala mediante la transformación de su masa física en energía, desapareciendo como tal elemento físico intangible.

Terminología en la Fabricación

Utilajes: Son la matricería a participar directamente en los procesos de deformación (punzones, matrices , etc).

Piezas de Recambio : Son las piezas que forman parte de los accesorios de la máquina que ejecuta el proceso de deformación, no teniendo ellos participación directa en el proceso.

5.2 Conceptos sobre la Denominación de la Bala Calibre 5.56x45mm. Tipo Aerodinámica

Para el presente trabajo se eligió el cartucho calibre 5.56x45mm, Tipo Ordinario, siendo el tipo de bala Aerodinámica ranurada con camiseta de bala latón 90/10, núcleo de Plomo antimoniato al 3%.

Aerodinámica :

Por la Forma Geométrica de la bala

Existen balas del tipo Esférica, Cilíndrica, Cilíndrico cónica, Ojival, Ojival aguda, Aerodinámica.(Ver Fig 5.1)

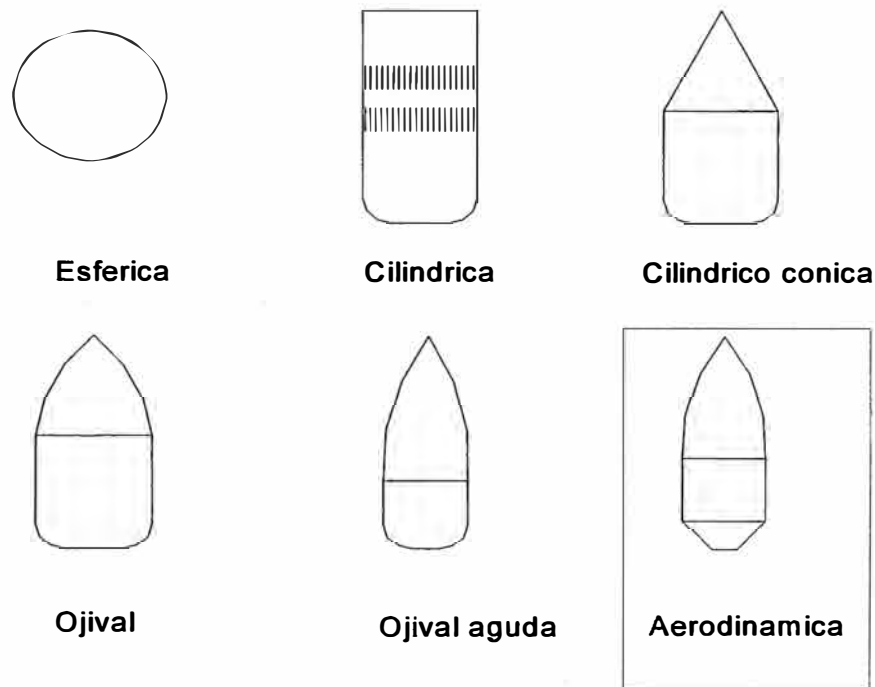


Fig 5.1

Tipos de Bala según la forma Geométrica

La elección se justifica porque la maquinaria perteneciente a FAME que participó en la fabricación de la bala calibre 5.56x45mm, están diseñadas para fabricar balas aerodinámicas.

Ranurada :

Por la Forma de los Cuerpos de la bala

Existe Lisas, ranuradas, moleteadas, entalladas. Ver Fig 5.2

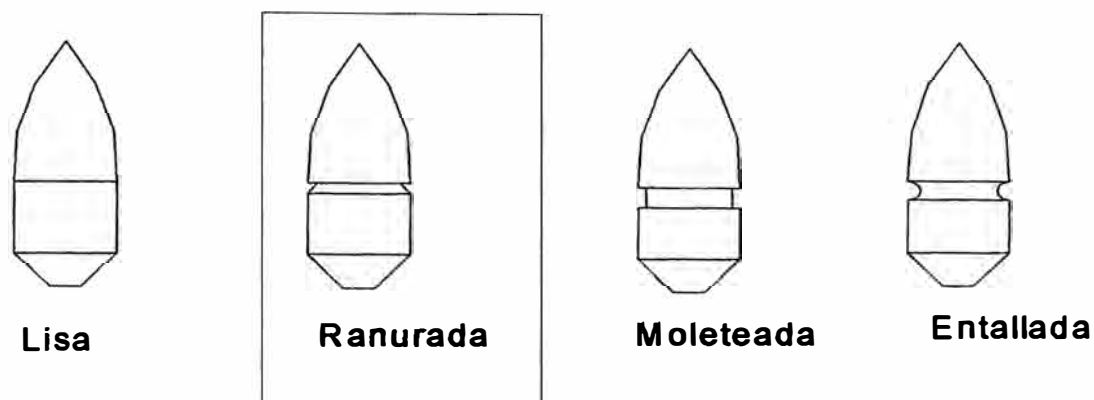


Fig 5.2

Tipos de Bala según la forma de los cuerpos

La elección se justifica porque en la línea de fabricación de maquinaria perteneciente a FAME que participará en la fabricación de la bala calibre 5.56x45mm.

Existe una máquina que realiza el ranurado.

Ordinaria :

Este concepto es por que la bala está constituida por dos elementos que son :

Una envuelta de latón(90 partes de Cobre y 10 partes de Zinc) y un núcleo de plomo(Plomo Antimoniado de 2,5-3,0 %).

5.3 Fabricación de la Vaina

El método de embutición partiendo de chapas gruesas es especialmente adecuado para la fabricación de cuerpos huecos cilíndricos de fondo grueso y paredes relativamente delgadas, en los que en muchos casos el espesor de la pared disminuye además progresivamente desde abajo hacia arriba.

En este caso se han de realizar dos procesos diferentes de deformación:

1. formación de la copa : Corte y Embutido
2. estirados de la vaina : Estirado

Para la formación de la copa se llevó cabo la aplicación de la siguiente teoría.

5.3.1 Formación de la Copa : Corte y Estampado

Proceso de Corte

El corte de lámina se realiza por una acción de cizalla entre dos bordes afilados de corte.

Tipos de Corte

➤ Punzonado (blanking)

Implica el corte de una lamina de metal a lo largo de una línea cerrada en un solo paso para separar la pieza del

material circundante, como se muestra en la figura 5.3, la parte que se corta es el producto deseado en la operación y se designa como la parte o pieza deseada .

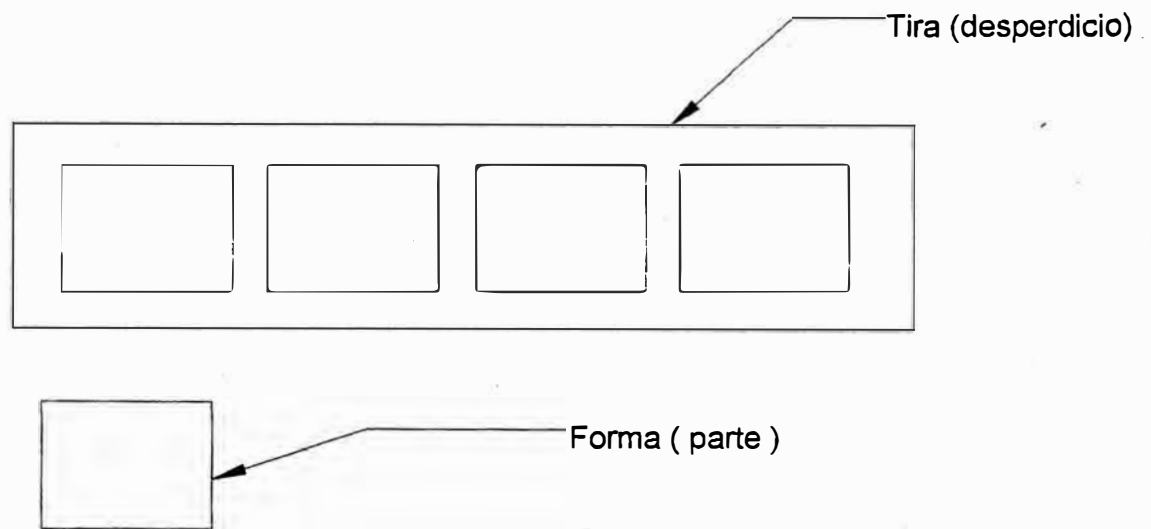


Fig 5.3

Claro "C"

En una operación de corte, el claro "C" es la distancia entre el punzón y el dado. Los claros típicos en el prensado convencional fluctúan entre 4 y 8% del espesor de la lamina metálica.

En operaciones especiales que requieren bordes muy rectos como es el caso del proceso de embutido y corte de la máquina PBOA, el claro es solamente el 1% del espesor del material.

➤ Punzonado fino

Es una operación de cizallado que se usa para cortar partes con tolerancias muy estrechas y obtener bordes rectos y lisos en un solo paso. La disposición típica para esta operación se ilustra en la figura 5.4. El proceso se reserva usualmente para espesores relativamente pequeños del material.

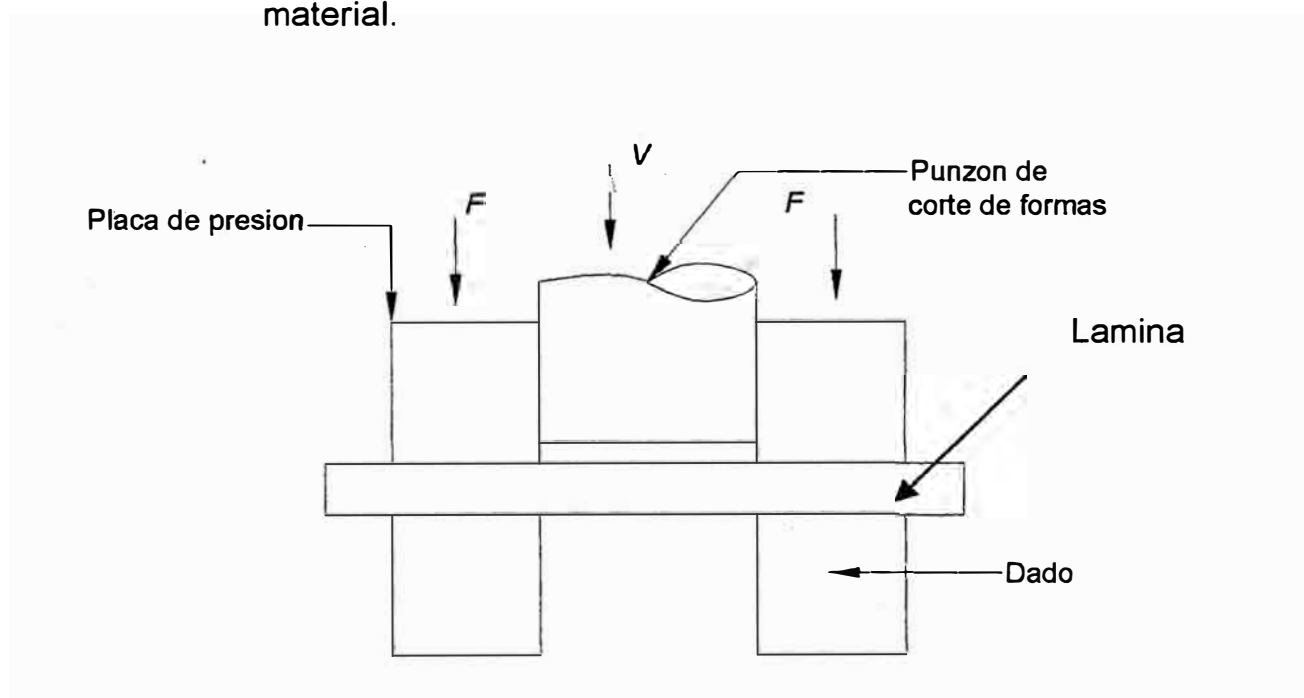


Fig 5.4

Proceso de Embutido

El embutido es una operación de formado de laminas metálicas que se usa para hacer piezas de forma acopada de caja y otras formas huecas más complejas. Se realiza colocando una lamina de metal sobre la cavidad de un dado y empujando el metal hacia la cavidad de este con un punzón. Como se muestra en la

figura 5. 5. La forma debe aplanarse contra el dado por un sujetador de formas. Las piezas comunes que se hacen por embutido son latas de bebidas, casquillos de municiones, utensilios de cocina y partes para carrocería de automóviles.

Mecánica del Embutido

El embutido de partes acopadas es la operación básica del embutido. Con las dimensiones y los parámetros que se muestran en la figura 5. 5, examinaremos los parámetros de la operación y la mecánica de la ejecución del embutido. Se embute un disco de diámetro D_b dentro de un dado por medio de un punzón de diámetro D_p . El punzón y el dado deben tener un radio en las esquinas determinado por R_p y R_d . Los lados del punzón y del dado están separados por un claro "c". Este claro es aproximadamente 10% mayor que el espesor del material en embutido:

$$c = 1.1 t$$

El punzón aplica una fuerza hacia abajo F para realizar la deformación del metal y el sujetador de partes o de formas aplica una fuerza de sujeción hacia abajo F_h , como se muestra en el diagrama.

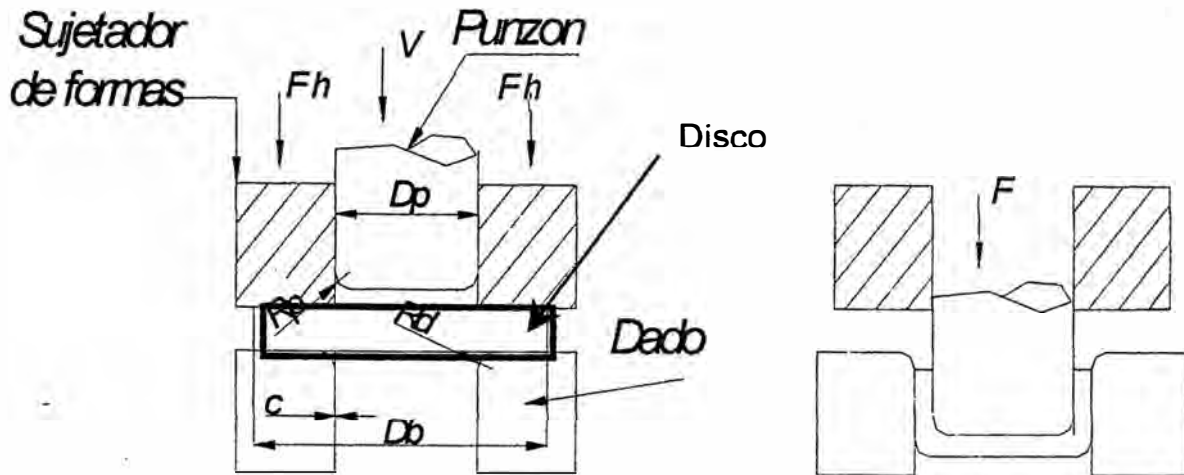


Fig 5.5

C : Claro

Fh: Fuerza de Sujeción

Db: Diámetro del disco

Dp: Diámetro del punzón

5.3.2 Proceso de Estirado

El estirado se realiza generalmente como una operación de trabajo en frío. Se usa mas frecuentemente para producir secciones redondas, pero también se pueden estirar secciones cuadradas y de otras formas.

Estirado de Tubos

El proceso de estirado se puede usar para reducir el diámetro o el espesor de la pared de tubos sin costura.

El estirado del tubo se puede llevar a cabo con o sin un mandril. El método más simple no usa mandril y se aplica para la reducción del diámetro, como se muestra en la figura 5.6.

Los otros métodos son con mandril como se ilustran en la figura 5.7.

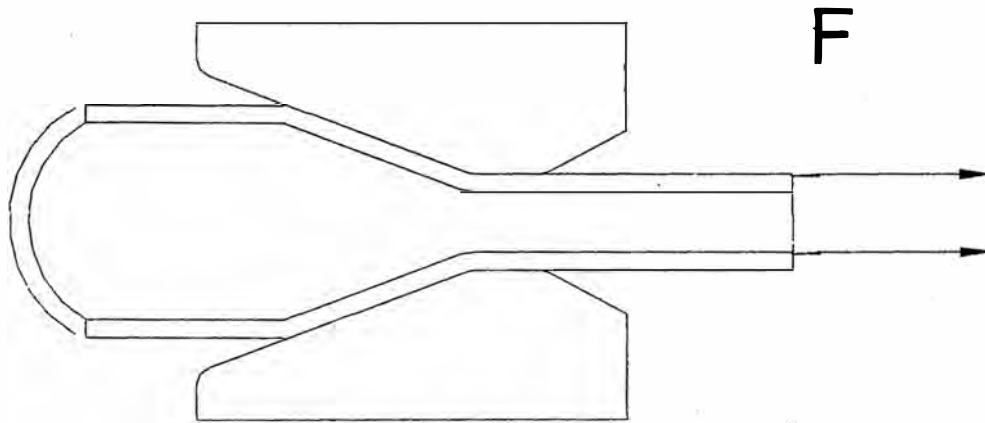


Fig 5.6

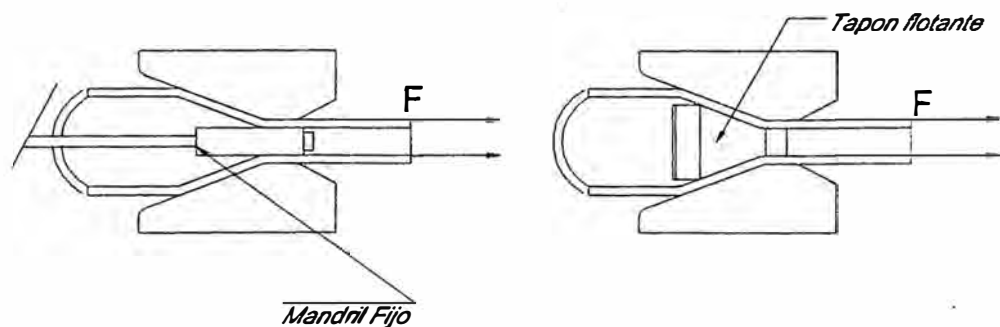


Fig 5.7

En general en el proceso de formación de la copa, se produce un aumento de espesor de las paredes, por consiguiente una realización óptima de la copa requiere una matriz que puede ser cónica o "Tractix" en la que al mismo tiempo que se forma la copa se realice también una disminución del espesor de pared, seguido de un anillo donde solo se lleva a cabo reducción de espesor por estirado puro en las paredes. Este método, llamado

“embutición doble” de la copa es el que se emplea generalmente en la fabricación.

5.4 Fabricación de la Ojiva: Envuelta de bala o Camiseta

Por lo que se refiere a la envuelta de bala, se determina su peso y su volumen, a partir del plano de fabricación dibujado a gran escala, y por planimetración cuidadosa se determina y dibuja la última envuelta ojivada, a la que se añade, en boca, la altura que se estima habrá de sanearse por corte.

A continuación y por el método de escalonamiento de radios de curvatura se determinan, dibujan y planimetran, por retroceso, las demás envueltas ojivadas hasta llegar a la copa última estirada a la que se da como espesor de culote el espesor de la bala en punta, aumentado en un 5%.

Como complemento del método de los radios de curvatura y para comprobación, las envueltas ojivadas se pueden verificar por cálculo de diseño a través de softwares así como el autocad, solidwork.

CAPITULO 6 DISEÑO DE UTILAJES

6.1 Cálculo de las dimensiones de los Productos Procesados en las Operaciones de la Línea de Bala

Para la obtención de las medidas interiores del producto de copa bala, estirados y ojivas se aplicara el siguiente calculo.

a. Identificación de los Tipos de Volúmenes que forman al Producto

Se muestra un caso general en la siguiente figura :

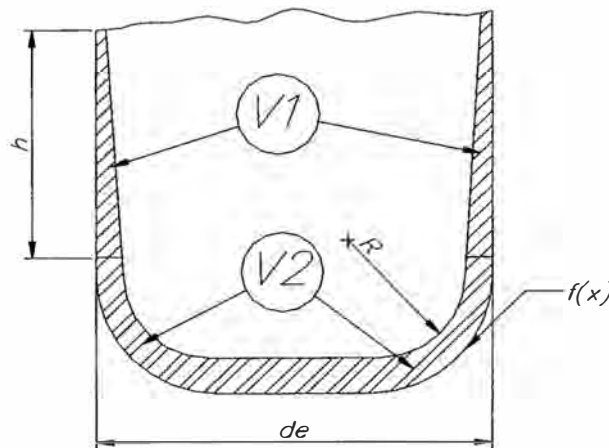


Fig. 6.1

donde:

V1 y V2 : Son la diferencia entre **Volumen exterior e interior**

Volumen exterior: Este volumen es obtenido de las dimensiones que nos proporciona la línea de proceso de fabricación de la bala.

Volumen interior: Este volumen es obtenido por el perfil exterior del punzón que embute o estire el producto.

b. Cálculo de Volúmenes

i. Cálculo de V1 :

$$V1 = \text{Volumen cilindro exterior} - \sum_1^n \text{Volumen cónico interior}$$

V cilindro = Área de la base * Altura

n = Numero de tronco de conos

$$\text{Volumen cilindro exterior} = \frac{\pi * d_e^2 * h}{4} \dots\dots\dots(1)$$

El **volumen interior** esta formado por dos o mas troncos cónicos

Donde la siguiente fórmula representa el volumen de tronco de cono

$$\text{Volumen cónico interior} = \frac{\pi * H * (D^2 + Dd + d^2)}{12} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

D: Diámetro mayor . H : Altura del tronco de cono

d: Diámetro menor.

Entonces :

$$V1 = \frac{\pi * d_g^2 * h}{4} - \sum_1^n \frac{\pi * H' * (D^2 + Dd + d^2)}{12} \dots\dots\dots(3)$$

ii. Cálculo de V2 :

$$V2 = \left[\begin{array}{l} \text{Volumen generado por} \\ \text{la rotación de la curva} \\ \text{exterior } f(x) \text{ alrededor} \\ \text{del eje Y} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Volumen generado por} \\ \text{la rotación de la curva} \\ \text{interior } g(x) \text{ alrededor} \\ \text{del eje Y} \end{array} \right]$$

V_e
 V_i

El volumen V2 es el volumen de un disco de radio variable perpendicular al eje Y , dicho radio son las abscisas de la

función, evaluada en todos los puntos que genera la curva, como se muestra en la **Fig. 6.2**

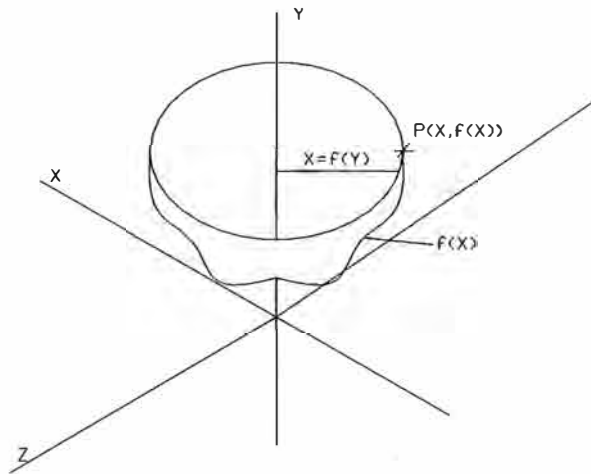


Fig. 6.2

Dichos volúmenes se calcularán por medio de integrales definidas, como se representa en las siguientes ecuaciones.

$$\boxed{V_e = \int_a^b \pi * f(y)^2 dy} \dots\dots\dots(4)$$

$$\boxed{V_i = \int_c^d \pi * g(y)^2 dy} \dots\dots\dots(5)$$

Para el caso de **volumen 2**, se va requerir hallar y evaluar la ecuación de las curvas **f (y)** y **g (y)**.

Procedimiento

Para esta operación seguiremos los siguientes pasos:

- a Primero identificamos a $f(y)$: como la función que origina la superficie exterior del producto.
- b Segundo identificamos a $g(y)$: como la función que origina la superficie exterior del punzón que a la vez es la superficie interior del producto.
- c Para definir estas funciones necesitamos calcular los centros de las curvas (circunferencias)
- d Trazamos los ejes de coordenadas e identificamos los puntos que pertenecen a las curvas.
- e Inicialmente se tiene dos puntos de la circunferencia con lo cual se reemplazan en la ecuación de la circunferencia.

$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$$

Donde :

- X : Es la ordenada del punto.
 Y : Es la abcisa del punto.
 Xo : Es la ordenada del centro.
 Yo : Es la abcisa del centro.
 R : Radio de la circunferencia.

f Tendremos los siguientes puntos de la función de circunferencia $f(y)$:

$$P1: (a, b) ; P2 : (c , d)$$

Reemplazando los puntos en la ecuación y teniendo como incógnitas las coordenadas del centro, tendremos 2 ecuaciones con dos incógnitas.

$$\boxed{(a - X_0)^2 + (b - Y_0)^2 = R^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$\boxed{(c - X_0)^2 + (d - Y_0)^2 = R^2} \dots\dots\dots(8)$$

Resolviendo tales ecuaciones obtendremos las coordenadas del centro:

$$X_0 = e ; Y_0 = f .$$

g Teniendo ya definida la ecuación de la circunferencia, esta se puede reemplazar en la ecuación (6).

$$\boxed{(X - e)^2 + (Y - f)^2 = R^2} \dots\dots\dots(9)$$

h Para eso despejamos X en función de Y obteniéndose lo siguiente:

$$\boxed{X = (R^2 - (Y - f)^2)^{1/2} + e = f(y)} \dots\dots\dots(10)$$

i Seguidamente la ecuación es reemplazada en la ecuación (4)

$$\boxed{Ve = \int_a^b \pi * (R^2 - (Y - f)^2)^{1/2} + e)^2 dy} \dots\dots(11)$$

j La integral se desdobra en 3 partes cuando operamos la potencia al cuadrado:

$$\boxed{Ve = \text{Int1} + \text{Int2} + \text{Int3}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\boxed{\text{Int1} = \int_a^b \pi * (R^2 - (Y - f)^2) dy} \dots\dots\dots(13)$$

$$\boxed{\text{Int2} = \int_a^b \pi * e^2 dy} \dots\dots\dots(14)$$

$$\boxed{\text{Int3} = \int_a^b \pi * 2 * ((R^2 - (Y - f)^2)^{1/2} * e) dy} \dots\dots(15)$$

Obteniéndose lo siguiente:

$$\text{Int1} = -\pi \left(\frac{1}{3} Y^3 - f Y^2 + (f^2 - R^2) Y \right) d^b \dots(16)$$

$$\text{Int2} = \pi e^{2*} [Y] d^b \dots(17)$$

$$\text{Int3} = \pi e^{2*} R^2 \left[\frac{(Y-f)(R^2 - (Y-f)^2)^{1/2}}{R^2} + \text{Arcsen} \left[\frac{Y-f}{R} \right] \right] d^b \dots(18)$$

Los procedimientos desde la formula (7) a (18) se repite para el caso de la función **g(y)**, para luego ejecutar la formula de V2 .

6.2 Cálculo de la Reducción de Diámetro, Espesor y Deformación

En el proceso de fabricación de la vaina se lleva a cabo la embutición posterior de una copa o de un cuerpo de mayor longitud. En este proceso disminuye el espesor de pared o el diámetro y espesor mientras que aumenta la altura, al ser estirada la pared.

En la regulación de las fases de embutición se parte de la pieza acabada y se calculan las medidas de cada una de las fases. Cuando de una pieza acabada se exigen determinadas características de

resistencia, a menudo diferentes según el lugar de la pared, se han de lograr esas características por la deformación en frío después del último calentamiento que nos de un tamaño de grano conveniente.

El tratamiento térmico, que se realiza en el transcurso del proceso de fabricación, es una influencia importante sobre la configuración y la resistencia del cuerpo cilíndrico acabado. Es por lo tanto imprescindible

determinar previamente la clase de tratamiento.

Para llevar a cabo el cálculo del proceso de embutición profunda con los latones 72/28 y 90/10, es preciso determinar la embutibilidad que poseen, con lo que conoceremos su capacidad de deformación.

A continuación se presenta las variables a trabajar con su definición:

R_s = Capacidad de Deformación.

R_d = Reducción de Diámetro.

R_e = Reducción de Espesor.

D = Diámetro antes de la reducción.

d = Diámetro después de la reducción.

E = Espesor antes de la reducción.

e = Espesor después de la reducción.

e_o = Espesor después de la reducción base mayor de la sección trapezoidal.

e_1 = Espesor después de la reducción base menor de la sección trapezoidal.

E_o = Espesor antes de la reducción base mayor de la sección trapezoidal.

E_1 = Espesor antes de la reducción base menor de la sección trapezoidal.

H_1 = Altura de la zona 1 antes de la reducción.

h_1 = Altura de la zona 1 después de la reducción.

De las experiencias de los numerosos investigadores, sin olvidar a cuantos han pasado por fabricas de municiones, en especial el trabajo antes mencionado del Coronel. Lanza, se ha llegado a la siguiente tabla:

Latón	Rd	Re	Rs
72/28	38.2	87.1	92.0
90/10	35.6	75.0	83.9

Con estas herramientas ya se puede calcular el proceso de fabricación de vaina y envuelta de bala de los cartuchos, así como el herramental necesario para ello.

Por lo que se refiere a la vaina, a partir del plano de su fabricación, dibujado a gran escala, se determina su volumen y su peso, y luego, con la aplicación de integrales vistos en el punto 6.1 y planimetricamente, se determina y dibuja la última copa estirada a la que se añade, en boca, la altura que se estima habrá de sanearse por corte, y el espesor de culote que corresponde al de la vaina terminada

Como esta última copa estirada deberá tener las características mecánicas que se van a exigir a la vaina, se procede a dividirla en zonas (sobre el dibujo) desde culote a boca.

Se determina los R_s correspondientes a cada zona y, se reparten entre los R_d y R_e por medio de fórmulas de BAUDER .

$$R_d = \frac{(D - d) 100}{D}$$

$$R_s = R_d + R_e - \frac{R_d * R_e}{100} \dots\dots\dots(19)$$

$$Re = \frac{(E - e) 100}{E}$$

Como d (diámetro final) es conocido (es el de la vaina) y Rd puede tomarse próximo a 30 (no conviene superior por razones de centrado en las prensas) se deduce D por la formula.

$$D = \frac{d}{1 - Rd/ 100}$$

.....(20)

A continuación, conocidos Rs y Rd, se calcula Re para cada zona, por la formula:

$$Re = \frac{(Rs - Rd)}{1 - Rd/100}$$

.....(21)

El valor de Re para cada zona permite calcular los espesores de las secciones que separan las zonas, ya que los espesores finales son conocidos (e).

$$E = \frac{e}{1 - Re/100} \dots\dots\dots(22)$$

Como la sección longitudinal de cada zona de pared de la última copa estirada será normalmente un trapecio rectángulo en el que se conocerán ambas bases y la altura, y las bases de la sección de la zona de la copa anterior (espesores) ya que se han calculado, la altura de estas se calculara igualando volúmenes entre ambas zonas :

$$\frac{d (e_0 + e_1) h_1}{2} = \frac{D (E_0 + E_1) H_1}{2}$$

Volumen de la zona I de
La ultima capa estirada

Volumen de la zona I de
la capa estirada anterior

Resulta:

$$H_1 = \frac{d (e_0 + e_1) h_1}{D (E_0 + E_1)} \dots\dots\dots(23)$$

Se han tomado diámetros exteriores, en lugar de diámetros medios, por abreviar los cálculos y ser buena la aproximación.

Repitiendo el calculo de Re, de espesores y alturas para cada zona en que se dividió la ultima copa estirada, se tienen todos los datos para dibujar la copa estirada anterior. Cuantas mas zonas se hayan tomado

mas exacto será el cálculo; aunque generalmente se toman pocas zonas y luego en el dibujo se compensa planimetricamente.

El perfil interior de la copa estirada hallada será el perfil exterior de trabajo del punzón. El diámetro de ésta copa será el de trabajo de la matriz .

Ambas herramientas, correspondientes al último estirado, quedan así diseñadas.

Para calcular los estirados anteriores al penúltimo se procede por retroceso de idéntica forma a como se ha expuesto anteriormente usando R_s ; R_d y R_e próximos a los valores máximos para aprovechar al máximo la embutibilidad del latón y ahorrarse estirados y recocidos intermedios.

En ésta fase del proceso es preciso tener en cuenta las características de la maquinaria disponible (potencia de prensas, dispositivos de centrado, recorridos, lubricación, etc.) para adaptar el proceso se encaja con varios estirados, sin recocidos intermedios hasta al penúltima copa estirada; un recocido moderado entonces y dar las características mecánicas en el último estirado. También pueden obtenerse estas características por estirados graduales, sin recocidos

intermedios, estabilizando luego la estructura de la copa final con un recocido bajo en estabilización.

Las combinaciones son muchas y acertar con la idónea es cuestión de paciencia, tanteos y experiencia.

6.3 Resultados Obtenidos

6.3.1 Operación de Embutido

1. Se tiene que calcular el volumen de la copa bala.

Teniendo como datos iniciales los proporcionados por la MANURHIN, además la densidad del latón 70/30.

2. Formulando con cálculo de volúmenes generados por curvas (operaciones de integrales)

Se tabulará valores hasta dar con los valores exactos.

Parámetro a tomar en cuenta en la realización de la copa bala

El punzón de embutición debe tener un cono predeterminado según la deformación deseada y un radio de acuerdo con el extremo; a menudo el radio se elige

$$r = E$$

Cálculo de las Dimensiones del Punzón de Estirado y Matriz de Corte

DATOS:

$$\gamma \text{ Latón } 90/10 = 8.8 \text{ gr. /cm}^3$$

$$W \text{ copa bala} = 1.35 \text{ gr. } \pm 0.05 \quad ; \text{ Ver Fig. 6.3 y Fig 6.4}$$

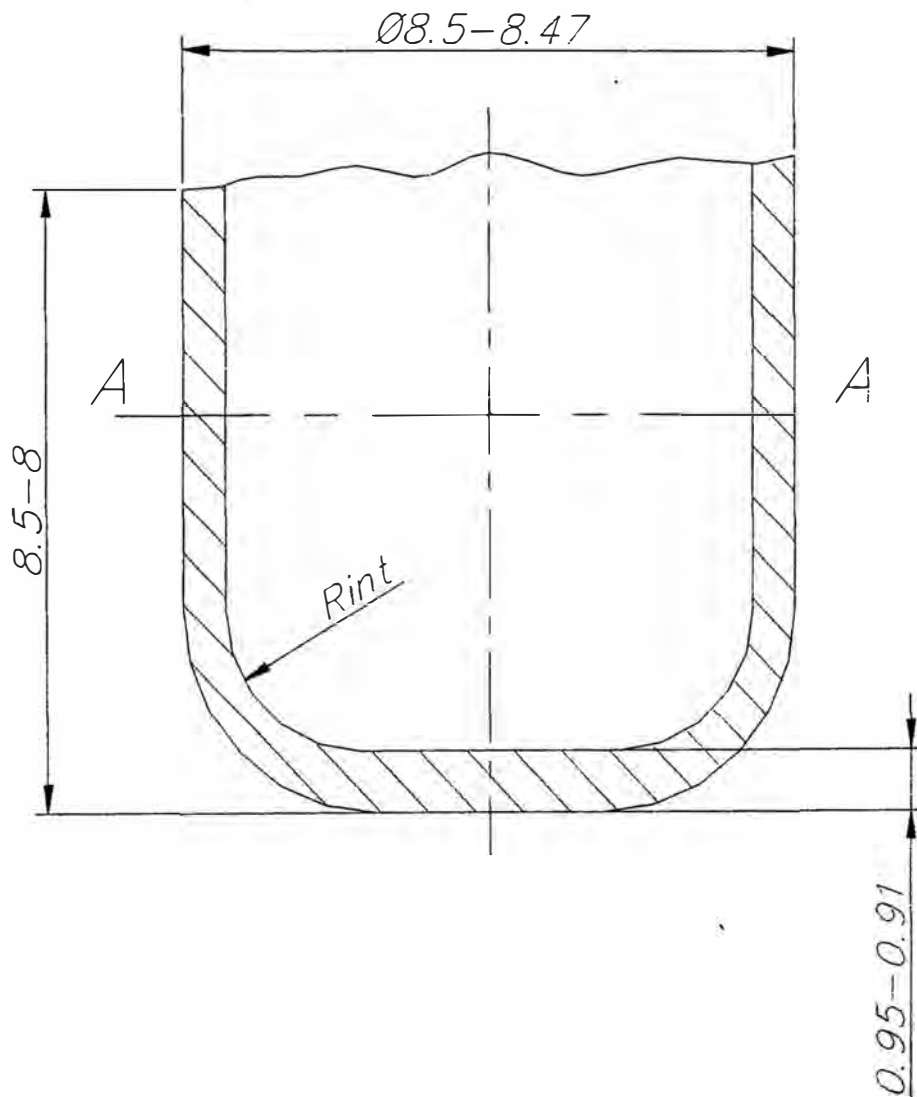


Fig. 6.3

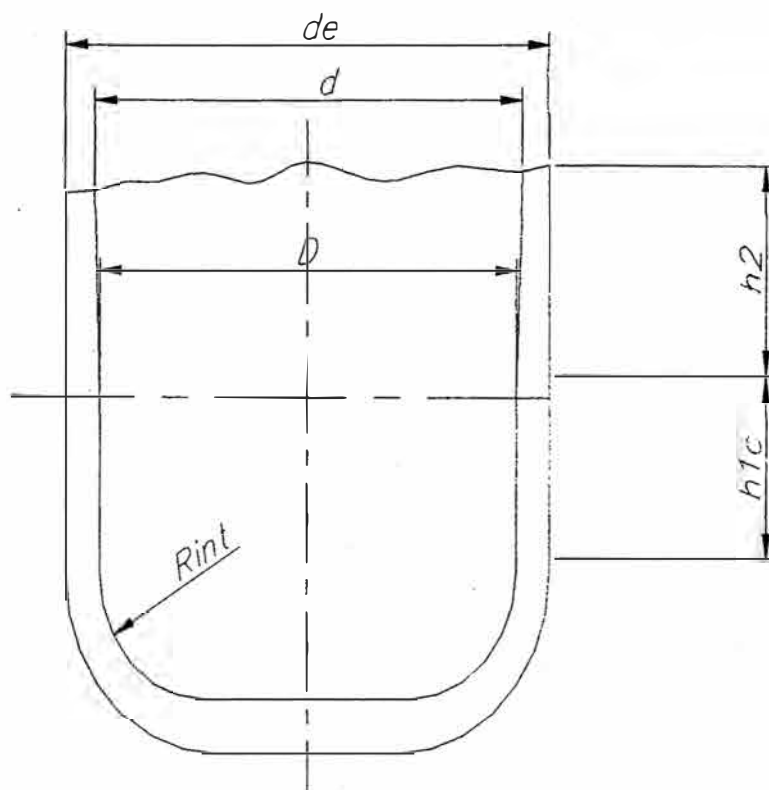


Fig 6.4

a). Cálculo de Volumen de Copa Bala

Volumen: 153.41 mm^3

b). Cálculo del \emptyset del Disco Cortado de Banda

Se aplica la ecuación del cálculo de volumen del disco, sabiendo que el volumen es el de la copa bala. Ver Fig. 6.5

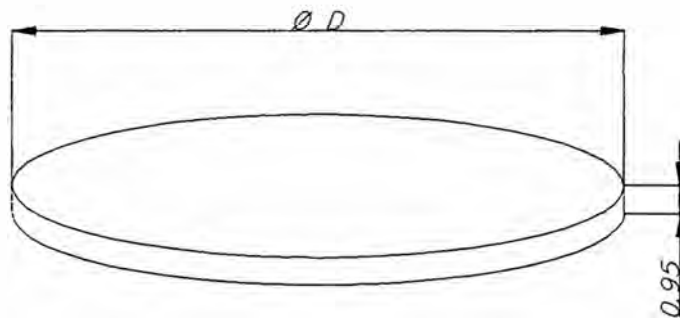


Fig. 6.5

Sabemos que el volumen de la copa bala es 153.41 mm^3 . y la altura del disco es igual al espesor de la banda $h = 0.925$.

Entonces :

$$153.41 \text{ mm}^3 = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

$$D = 14.54 \text{ mm.}$$

Resultando el \emptyset del disco 14.54mm, que sería el \emptyset Superior de la Matriz de Corte (Ver Fig 6.6).

El \emptyset exterior del Punzón de Corte sería calculado por la siguiente Formula :

$$14.54 - C = 14.5305$$

C : Claro donde $C = \frac{1 \times 0.95}{100} = 0.0095$

Ver Detalle en la Fig 6.6

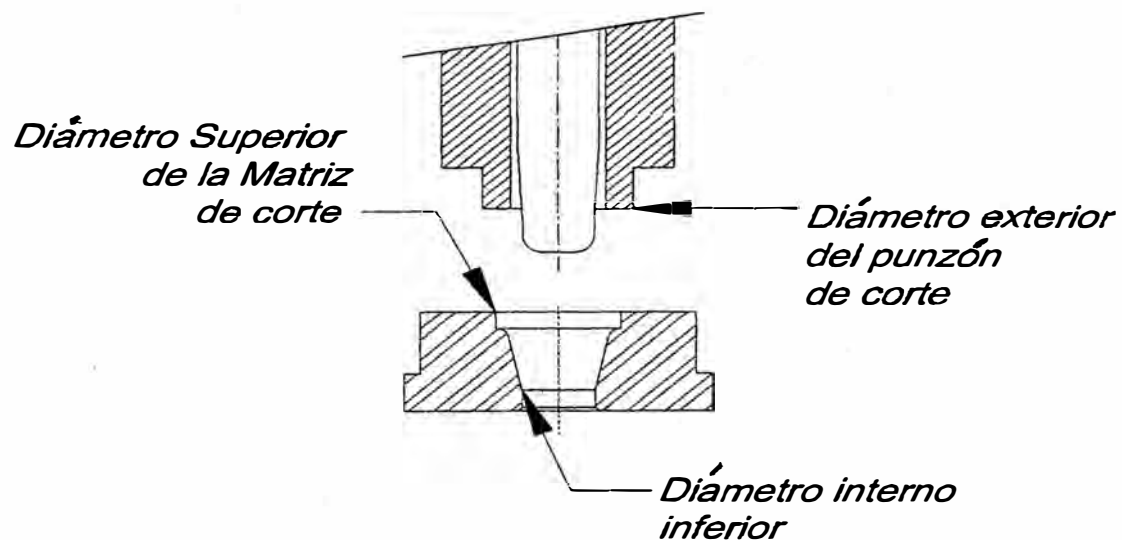


Fig 6.6

Para el cálculo del \emptyset interno – inferior de la Matriz de Corte se toma de la referencia del \emptyset externo de la copa bala según la MANURHIN.

Para el caso del Punzón de Embutido sus dimensiones vendrá del perfil interior de la copa bala.

Para esto se aplicara los cálculos de volumen por integrales.

c). **Aplicación de Integrales para el Cálculo del Ø Interior de la Copa Bala**

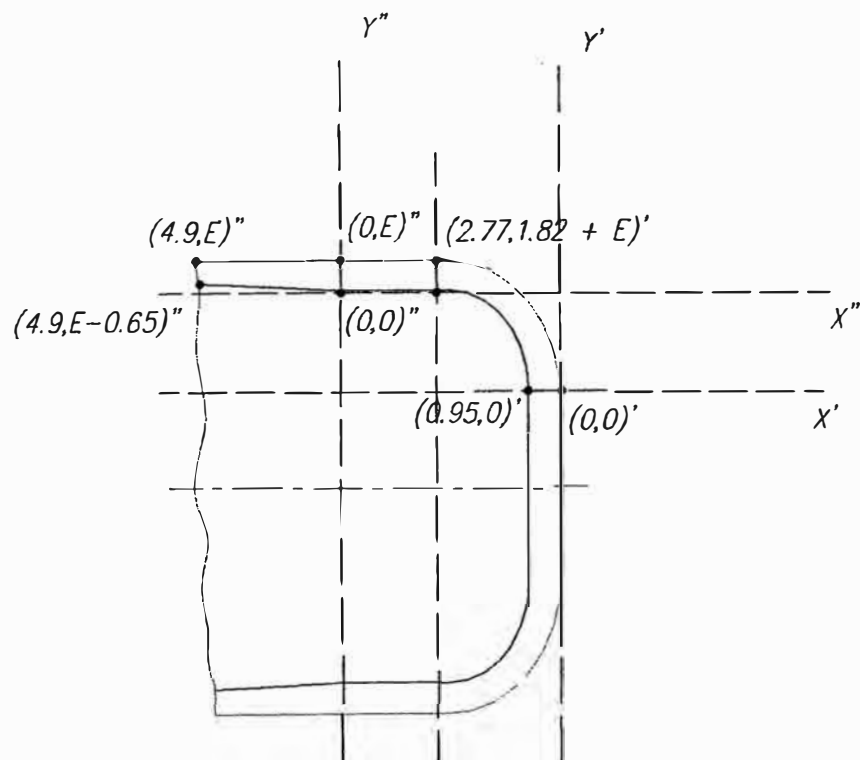


Fig. 6.7

d). Designación de variables

En el siguiente esquema se designa las variables a trabajar en la programación de Excel. Ver Fig. 6.8

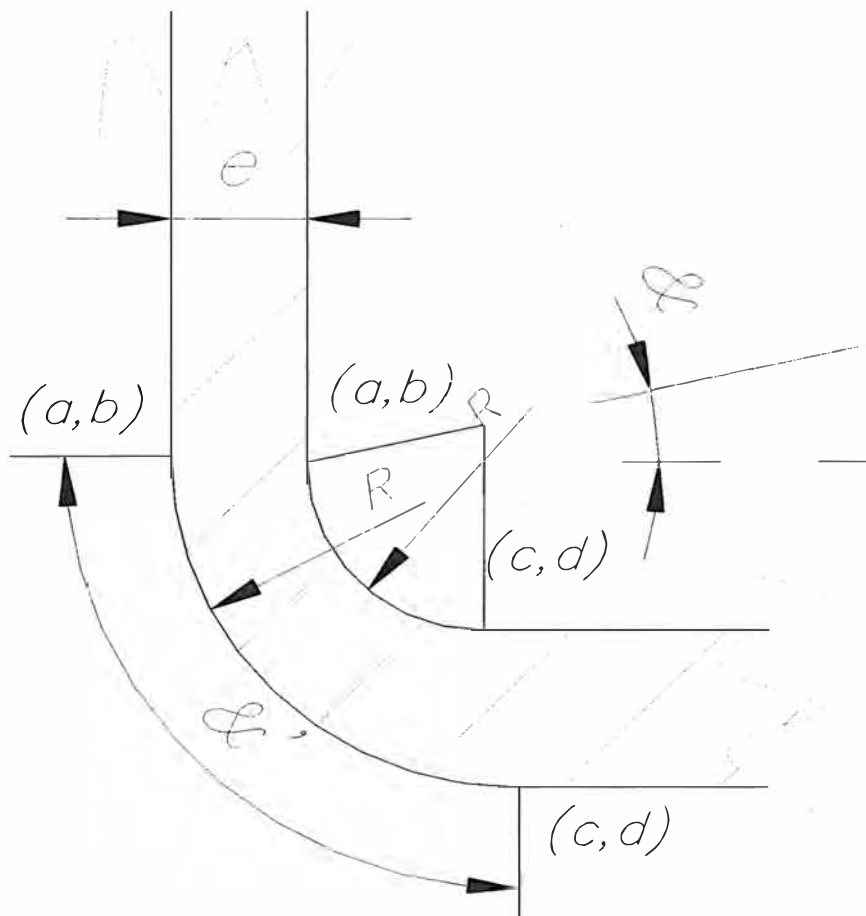


Fig.6.8

COPA BALA

CAMISETA

Volumen exterior

Volumen interior

Punto (a,b) y (c,d)

Punto (a,b) y (c,d)

β(e)	Ang(°)	a=	-4.243	b =	2	R=	2	Ang(°)	a=	-3.473	b=	1.63	R=	1.9
0.77	25°C	c=	-2.243	d =	0			10.7°C	c=	-1.6.04	d=	0		
		(a-c)=	-2						(a-c)=	-1.8692				
		(b-d)=	2						(b-d)=	1.63004				
		Xo=	0.415						Xo=	0.701				
		Yo=	0.658						Yo=	0.756				
		Xo=	-4.901						Xo=	-3.91				
		Yo=	-0.658						Yo=	-0.76				
		Int1=	22.3048						Int1=	17.3739				
		Int2=	1.08375						Int2=	2.51699				
		Int3=	6.30581						Int3=	6.7026				
		Vet	29.6943						Vit	26.5935				

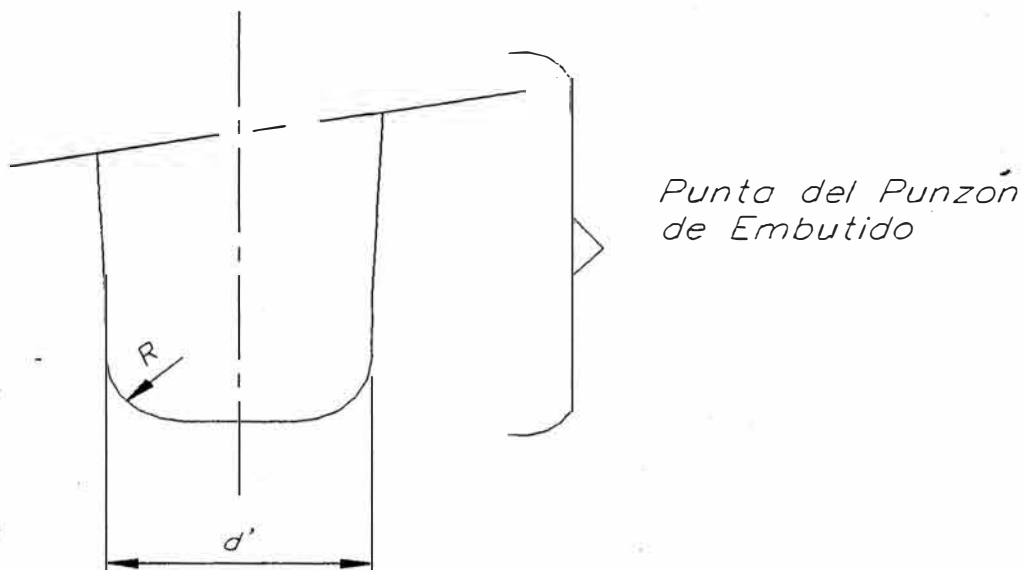
PARTE RECTA

de=	8.49
D=	6.95
d=	6.98
H=	6.25
h2	2
h1c	3.33

Vol.ext	353.5	Vol.int	203.2
---------	-------	---------	-------

Volumen de la camiseta :	153.4 mm ³
--------------------------	-----------------------

En este calculo efectuando tabulaciones se encuentra el \varnothing mínimo exterior y radio de forma de la punta del punzón de estirado. Ver Fig 6.9



d' : Diámetro mínimo exterior de la punta del punzón de Estirado

R : Radio de forma de la punta del punzón de estirado

Fig 6.9

6.3.2 Operación de Estirado

1. Para esta operación se iniciara usando como referencia la proporcionalidad (razón) Ver Fig. 6.12 de las alturas de cada estirado del proceso de Cal. 7.62X51mm. según MANURHIN.

2. Para el cálculo de diámetros internos, exteriores y altura del producto se aplicara las fórmulas logarítmicas de BAUDER.

Los resultados de los diámetros internos y alturas definirán el perfil exterior del punzón. Y el diámetro exterior definirá el diámetro interior de las matrices de estirado. Ver Fig 6.10

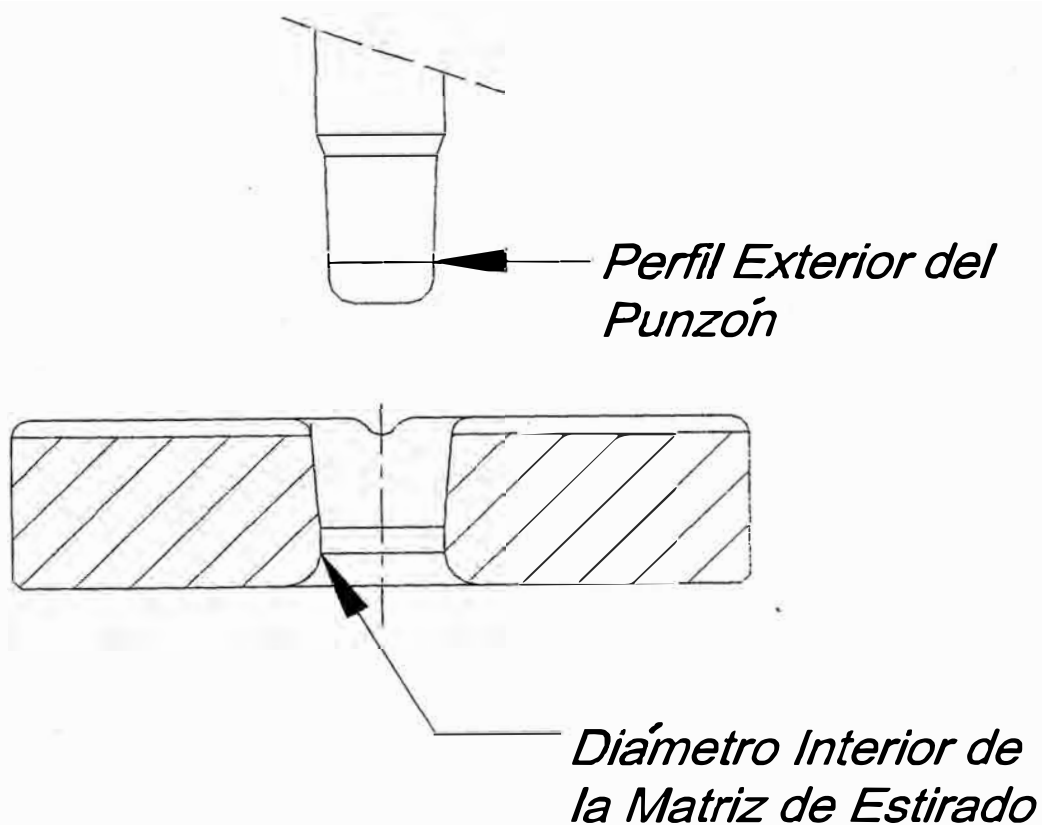


Fig 6.10

3. Los cálculos para esta Operación de Estirado, establecerá el espesor fondo constante y será igual al espesor de fondo de la Copa Bala.

Los radios de forma exterior e interior, para los cálculos de volumen de cada producto estirado serán tomados con valor cero (filo vivo). Ver Fig 6.11

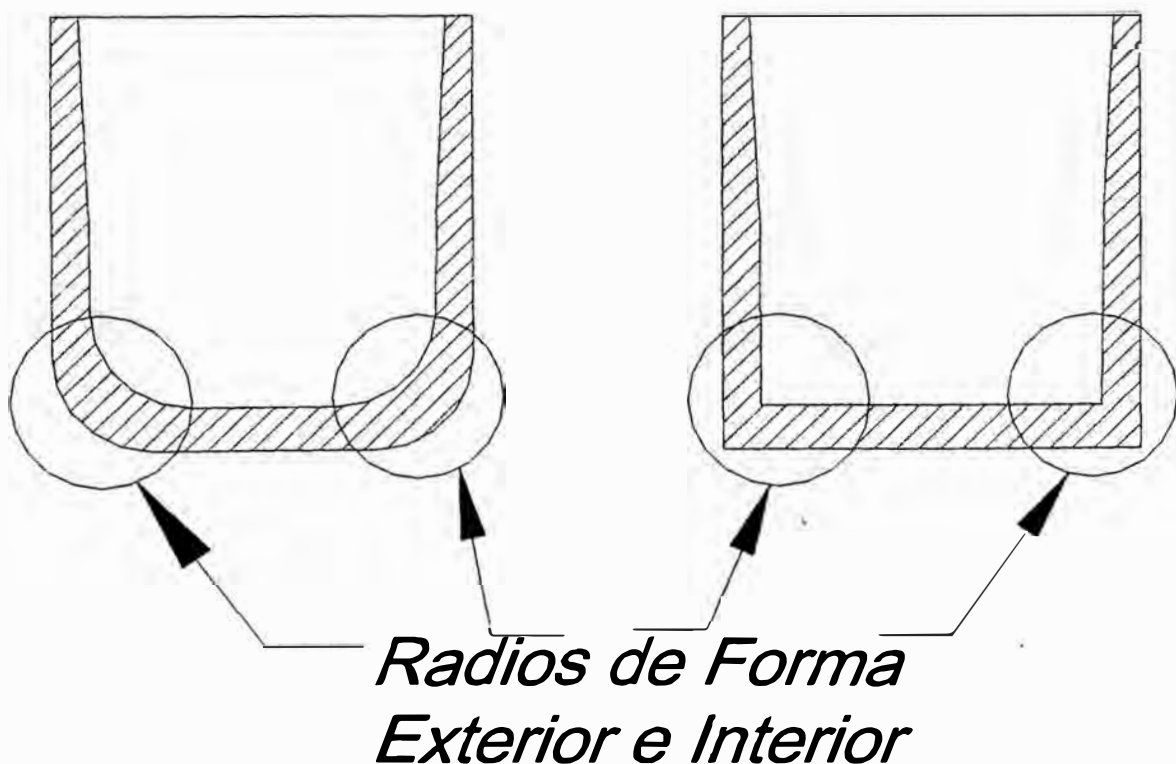


Fig 6.11

**Proporcionalidad de Dimensiones del Proceso de Estirado
Cal. 7.62N (Máquina PB1B)**

Dimensiones Copa Bala Cal. 7.62N

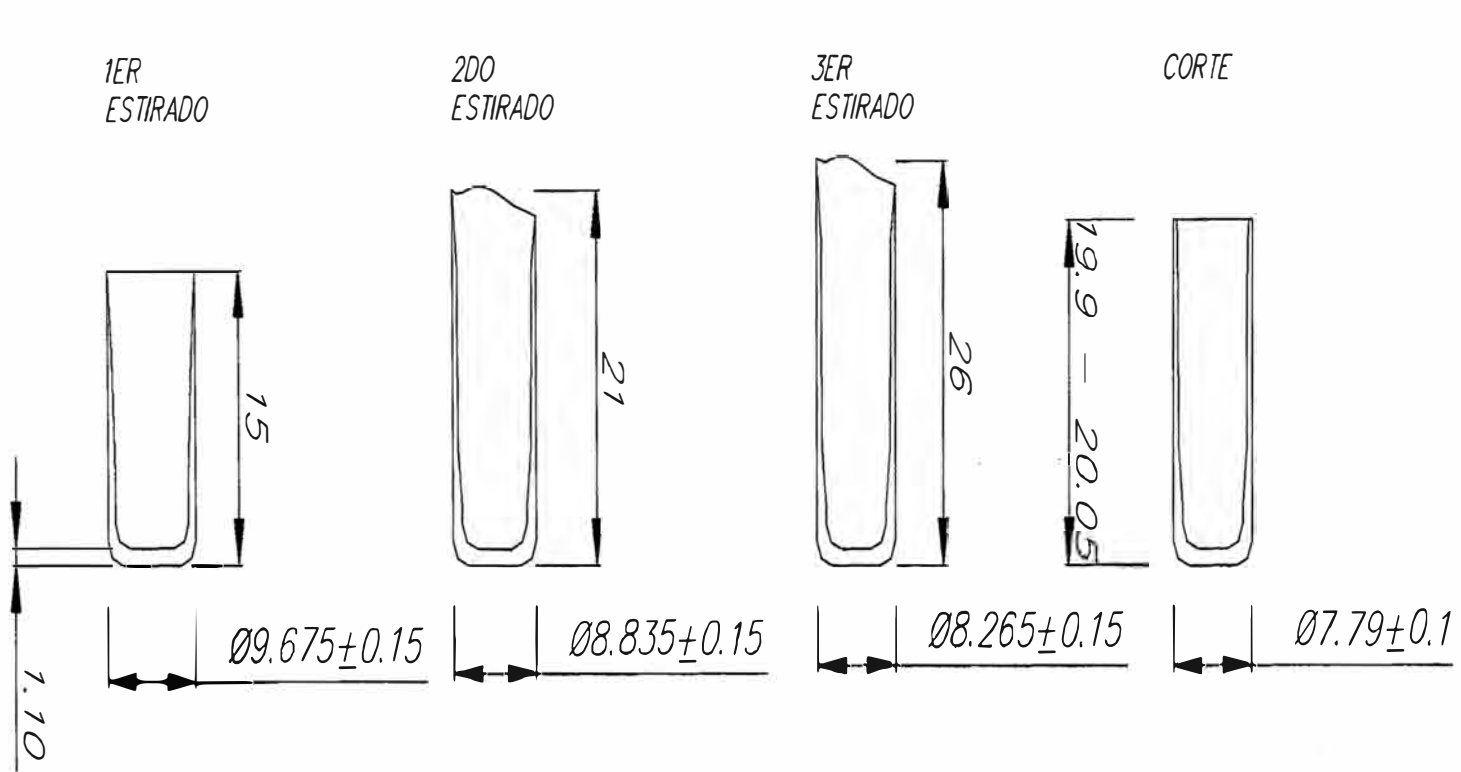
$$H = 11.2 - 11.8 \text{ mm.}$$

$$\varnothing = 11.4 - 11.5 \text{ mm.}$$

$$\text{PESO} = 2.87 - 2.9 \text{ gr.}$$

En la Fig. 6.12 vemos la secuencia de formación del Estirado para la Bala Calibre 7.62 x 51mm.

Esta secuencia será útil analizar los rangos de los acotados en \varnothing y algunos casos de alturas.



DATOS PARA COMPARAR CAL. 7.62 EN LA PB1B

Fig N° 6.12

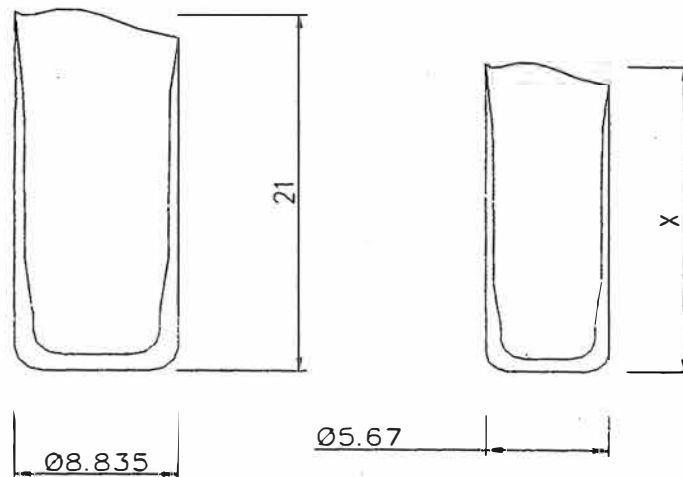
La secuencia para definir las dimensiones de los productos serán por el método de retroceso; es decir se empieza del producto final (corte) hasta el producto inicial (1er Estirado), aplicando las formulas de BAUDER.

Se necesitara el producto de 3er Estirado con las medidas diámetro (\emptyset), altura (h), espesor (e), según el producto estirado de los productos manufacturados del proceso de Calibre 5.56 x 45mm. (Ver Anexo Productos Manufacturados del Calibre 5.56 x 45mm.) nos proporciona el diámetro exterior (\emptyset) que es constante tanto para el corte como para el 3er Estirado.

El paso a seguir es calcular la altura referencial de 3er estirado (esta altura mas adelante es recalculada). Se toma como referencia la razón en las que se encuentra las alturas y diámetros del 3er Estirado de Cal. 7.62, para luego junto con los rangos de medidas de la copa bala estirada, establecidos en el plano de productos manufacturados de la **Manurhin** para Cartucho Cal. 5.56 x 45 mm; definir la medida de la altura del 3er Estirado. Ver Fig.6.13

3er ESTIRADO Cal.
7.62x51mm

3er ESTIRADO Cal.
5.56x45mm



Proporcionalidad:

$$\frac{21}{\varnothing 8.835} = \frac{X}{\varnothing 5.67}$$

$$X = 16.68$$

Fig 6.13

I. Cálculo del Ø Interno Corte

Para el cálculo del corte, se fijara tres (3) dimensiones ,
espesor, diámetro y altura tomados del plano de productos
manufacturados de la MANURHIN para Cartucho
Cal. 5.56X45mm.

Para el caso de la altura se tomara dentro de los limites $8.5 < H < 16.68\text{mm}$. Siendo el valor de 8.5 la altura mayor de copa bala y el valor de 16.68 la altura mínima de corte calculado en la proporcionalidad. Ver Fig 6.13.

En el proceso de tabulaciones se encuentra una altura de 13.2 mm. Ver Cuadro 6.1

Calibre 5.56	Calibre 7.62
16.68	26
X	20
8.5	11.9

Resultando $X = 13.2\text{ mm}$.

Y para la longitud de punta en el punzón que va a realizar el corte se asume igual que el Punzón de corte de Cal. 7.62.

Ver Fig 6.14

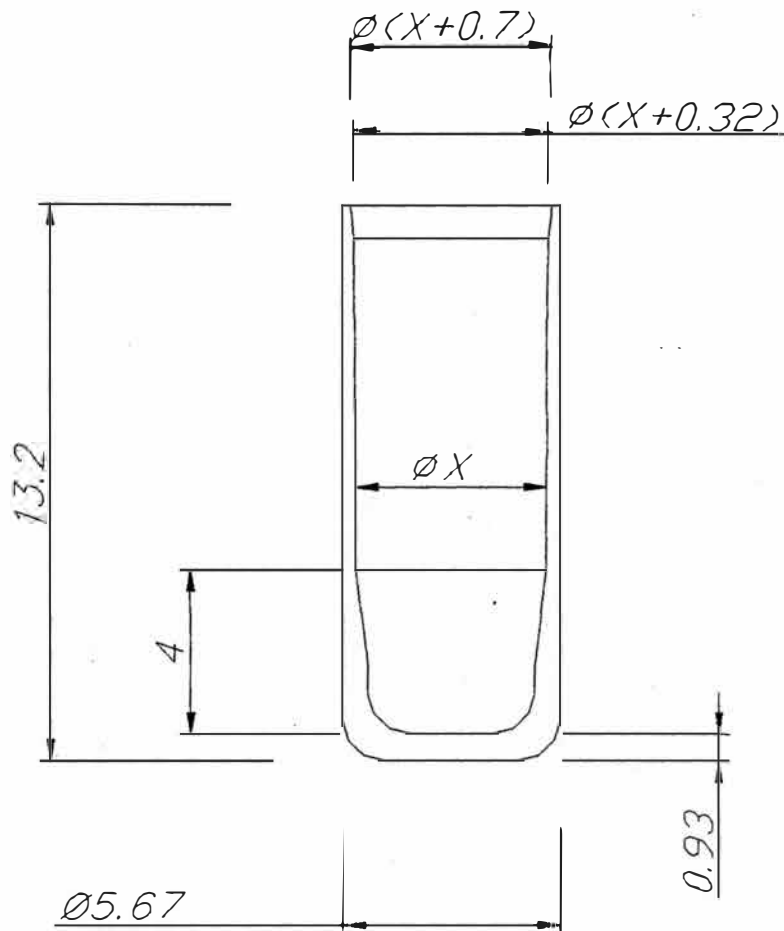


Fig 6.14

En la Fig 6.14 se acota el diámetro a calcular " X " que representara el diámetro de punzón de corte.

Los valores de 0.7 y 0.32 son diferencias entre un diámetro y otro, estas diferencias son tomadas de los diámetros del punzón de corte de Cal.7.62X51mm.

Datos

Peso de plomo :	2.5 gr. ^{+0.02}
ρ Latón 90 / 10 :	8.8 gr. / cm ³
Peso de la Bala :	3.63 gr.

Cálculo del volumen

Volumen de la camiseta : $V_{ca} = 119.32 \text{ mm}^3$

$$119.32 = (\pi / 4) \times (5.67)^2 \times (13.2) - \pi \times (X)^2 - (\pi / 12) \times ((X + 0.32)^3 - (X)^3) \times 8.656 / 0.32 - (\pi / 12) \times ((X + 0.7)^3 - (X + 0.32)^3) \times 0.544 / 0.38$$

$$213.98 = \pi \times (X)^2 + (\pi / 12) \times ((X + 0.32)^3 - (X)^3) \times 8.656 / 0.32 + (\pi / 12) \times ((X + 0.7)^3 - (X + 0.32)^3) \times 0.544 / 0.38$$

$$68.11 = (X)^2 + 2.25 \times ((X + 0.32)^3 - (X)^3) + 0.119 \times ((X + 0.7)^3 - (X + 0.32)^3)$$

$$0 = 3.296 (X)^2 + 0.838 X - 68.003$$

$$X = 4.42 \text{ mm.}$$

El \emptyset del punzón a 4mm es 4.42mm.

II. Cálculo de las Dimensiones del 3er Estirado

Datos

Material	: 90 /10
Dureza	: 55 – 70 Vickers
Densidad	: 8.8 gr / cm ³
Volumen	: 153.41mm ³

El producto de corte se divide en 2 zonas para cada una se asumirá los valores de Rs y Rd. Aplicando las formulas de BAUDER se obtendrá los valores de Re para cada zona y las dimensiones que anteceden al corte.

Estas dimensiones se ajustaran con el tanteo de los valores de Rs y Rd , hasta lograr que estas medidas estén dentro de los limites de altura y diámetro.

Zona	Rs	Rd	Re
I	8.91	7.8	1.2
II	9.99	8.0	2.17

Aplicando el método de retroceso para el producto de corte al 3er estirado. Y las formulas d e BAUDER.

Para zona II:

$$\begin{array}{lll}
 d = 4.42 & Rs = 9.99 & Re = 2.17 \\
 e = 0.625 & Rd = 8 &
 \end{array}$$

Calculando:

$$D = \frac{4.42}{1 - \frac{8}{100}} = 4.8$$

$$E = \frac{0.625}{1 - \frac{2.17}{100}} = 0.638$$

$$D + 2 E = 6.076\text{mm}$$

Para zona I:

$$d = 4.74$$

$$R_s = 8.91$$

$$R_e = 1.2$$

$$e = 0.465$$

$$R_d = 7.8$$

Calculando:

$$D = \frac{4.74}{1 - \frac{7.8}{100}} = 5.14$$

$$E = \frac{0.465}{1 - \frac{1.2}{100}} = 0.47$$

$$D + 2 E = 6.08\text{mm}$$

Promedio D Ext = 6.08



$$D_{II} = 4.8\text{mm}$$

$$D_I = 5.14\text{mm}$$

Para calculo de alturas. Ver Fig 6.15

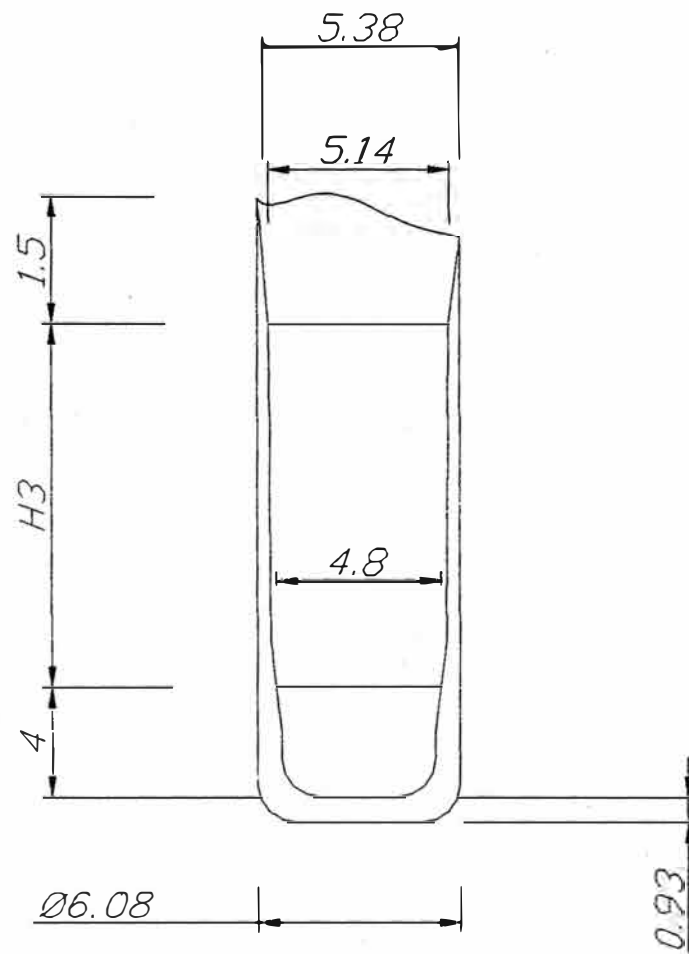


Fig 6.15

$$153.41 = \frac{\pi 6.08^2}{4} (6.43 + H_3) - \pi 4.8^2 - \frac{\pi H_3 (5.14^3 - 4.8^3)}{12 (5.14 - 4.8)}$$

$$- \frac{\pi 1.5 (5.38^3 - 5.14^3)}{12 (5.38 - 5.14)}$$

$$71.71 = 5.39 H_3$$

$$H_3 = 7.45 \text{ mm.}$$

La altura total del 3er Estirado es 13.88mm.

III. Cálculo de las Dimensiones del 2do Estirado

El 3er Estirado y 2do Estirado se divide cada una en 3 zonas seguidamente se asume para cada zona Rs, Rd y Re.

Zonas	Rs	Rd	Re	
I	8.91	7.8	1.2	3er Estirado
II	9.99	8.0	2.17	
III	11.26	8.2	3.33	
I	9.99	8.0	2.17	2do Estirado
II	11.26	8.2	3.33	
III	14.125	8.4	6.25	

Aplicando el método de retroceso para el 3er estirado a 2do Estirado para calcular las medidas del 2do Estirado usaremos BAUDER.

Para zona III:

$$d = 4.8 \quad Rs = 11.26 \quad Re = 3.33$$

$$e = 0.64 \quad Rd = 8.2$$

Calculando:

$$D = \frac{4.8}{1 - \frac{8.2}{100}} = 5.23 \quad E = \frac{0.64}{1 - \frac{3.33}{100}} = 0.66$$

$$D + 2 E = 6.55\text{mm}$$

Para zona II:

$$d = 5.14 \quad R_s = 9.99 \quad R_e = 2.17$$

$$e = 0.47 \quad R_d = 8.0$$

Calculando:

$$D = \frac{5.14}{1 - \frac{8}{100}} = 5.59 \quad E = \frac{0.47}{1 - \frac{2.17}{100}} = 0.48$$

$$D + 2 E = 6.55\text{mm}$$

Para zona I:

$$d = 5.38 \quad R_s = 8.91 \quad R_e = 1.2$$

$$e = 0.35 \quad R_d = 7.8$$

Calculando:

$$D = \frac{5.38}{1 - \frac{7.8}{100}} = 5.84 \quad E = \frac{0.35}{1 - \frac{1.2}{100}} = 0.354$$

$$D + 2 E = 6.548\text{mm}$$

Promedio D Ext = 6.55

$$\longrightarrow D_{III} = 5.23\text{mm} \quad D_{II} = 5.59\text{mm}$$

$$D_I = 5.85\text{mm}$$

Calculo de las alturas para el 2do Estirado

$$4.8 (0.64 + 0.47) 7.45 = 5.23 (0.66 + 0.48) H_2 \quad \blacktriangleright \quad H_2 = 6.66\text{mm.}$$

$$5.14 (0.47 + 0.35) 1.5 = 5.59 (0.48 + 0.35) H_1 \quad \longrightarrow \quad H_1 = 1.36\text{mm.}$$

Cálculo de la altura H_3 . Ver Fig 6.16

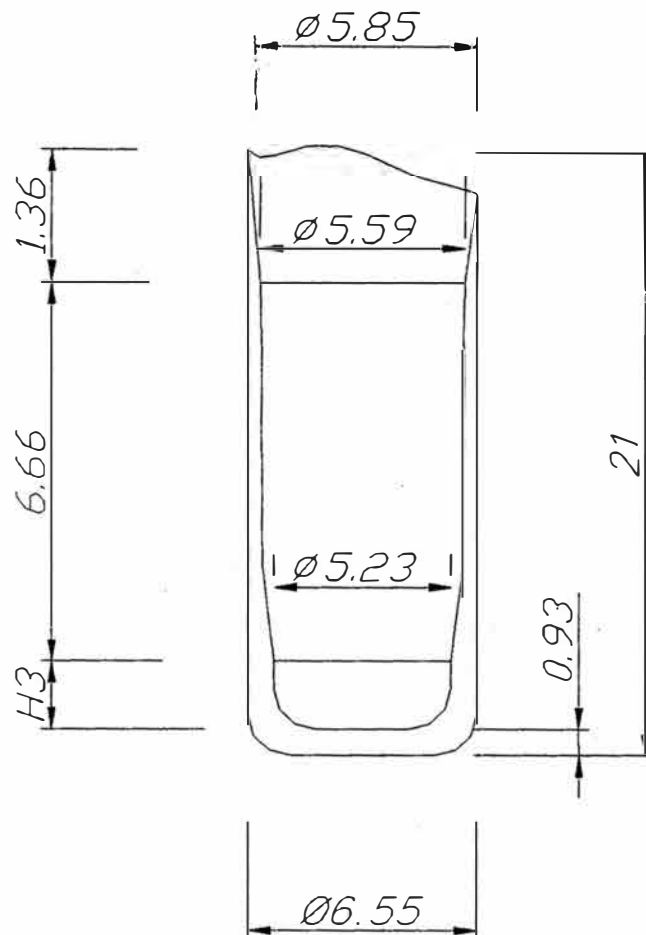


Fig 6.16

$$153.41 = \frac{\pi 6.55^2}{4} (8.95 + H_3) - \frac{\pi 5.23^2}{4} H_3 - \frac{\pi 6.66}{12} (5.59^3 - 5.23^3) - \frac{\pi 136}{12} (5.85^3 - 5.59^3)$$

$$H_3 = 3.27 \text{ mm}$$

Altura total del 2do Estirado es 12.22 mm.

IV. Cálculo de Dimensiones del 1er Estirado

Aplicando el método de retroceso para el 2do estirado a 1er Estirado para calcular las medidas del 1er Estirado usaremos BAUDER.

Para zona III:

$$d = 5.23 \quad R_s = 14.125 \quad R_e = 6.25$$

$$e = 0.66 \quad R_d = 8.4$$

Calculando:

$$D = \frac{5.23}{1 - \frac{8.4}{100}} = 5.71 \quad E = \frac{0.66}{1 - \frac{6.25}{100}} = 0.704$$

$$D + 2 E = 7.11\text{mm}$$

Para zona II:

$$d = 5.59 \quad R_s = 11.26 \quad R_e = 3.33$$

$$e = 0.48 \quad R_d = 8.2$$

Calculando:

$$D = \frac{5.59}{1 - \frac{8.2}{100}} = 6.09 \quad E = \frac{0.48}{1 - \frac{3.33}{100}} = 0.50$$

$$D + 2 E = 7.09\text{mm}$$

Para zona I:

$$\begin{aligned} d &= 5.85 & R_s &= 9.99 & R_e &= 2.17 \\ e &= 0.35 & R_d &= 8.0 \end{aligned}$$

Calculando:

$$D = \frac{5.85}{1 - \frac{8.0}{100}} = 6.36 \quad E = \frac{0.35}{1 - \frac{2.17}{100}} = 0.36$$

$$D + 2 E = 7.08 \text{ mm}$$

Promedio D Ext = 7.10 mm

$$D_{III} = 5.70 \text{ mm} \quad D_{II} = 6.10 \text{ mm}$$

$$D_I = 6.38 \text{ mm}$$

Calculo de las alturas para el 1er Estirado

$$5.23 (0.66 + 0.48) 6.66 = 5.7 (0.70 + 0.50) H_2 \longrightarrow H_2 = 5.81 \text{ mm.}$$

$$5.59 (0.48 + 0.35) 1.36 = 6.10 (0.50 + 0.36) H_1 \longrightarrow H_1 = 1.20 \text{ mm.}$$

Cálculo de la altura H_3 . Ver Fig 6.17

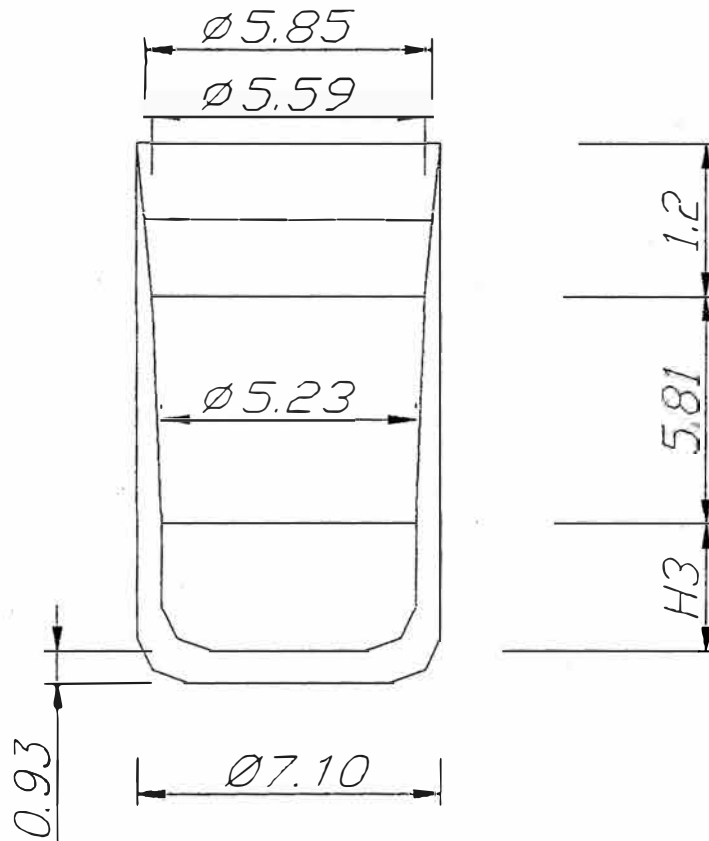


Fig 6.17

$$153.41 = \frac{\pi 7.10^2}{4} (7.94 + H_3) - \frac{\pi 5.7^2}{4} H_3 - \frac{\pi 5.81 (6.10^3 - 5.70^3)}{12 (6.10 - 5.70)}$$

$$- \frac{\pi 136 (6.38^3 - 6.10^3)}{12 (6.38 - 6.10)}$$

$$H_3 = 2.46 \text{ mm}$$

Altura total del 1er Estirado es 10.40 mm.

6.3.3 Operación de Ensamble

1. Para la primera operación que es ojivado, se usara como referencia la proporcionalidad de las alturas de cada ojivado del proceso de Cal.7.62X51mm. Ver Fig.6.18

Observación : Al empezar esta operacion el peso de la camiseta es menor habiendo tenido un corte en la operación de estirado.

2. Formulando con cálculo de volúmenes generados por curvas (operaciones de integrales).

Se tabulara valores hasta dar con los valores exactos de diámetros internos, externos y ojiva.

3. Para la 2da operación que es el ensamble y el cierre se aplicara las medidas dado por la MANURHIN (Ver Anexo Productos manufacturados de la MANURHIN para Cartucho Cal.5.56X45mm.

Por teoría el espesor de la punta de la bala con respecto al ultimo espesor de base del producto estirado es:

Espesor de base del Estirado = 0.93 mm.

$$\begin{aligned} X + 0.05 X &= 0.93 \text{ mm.} \\ X &= 0.89 \text{ mm.} \end{aligned} \quad \longrightarrow \text{Espesor de la punta de bala.}$$

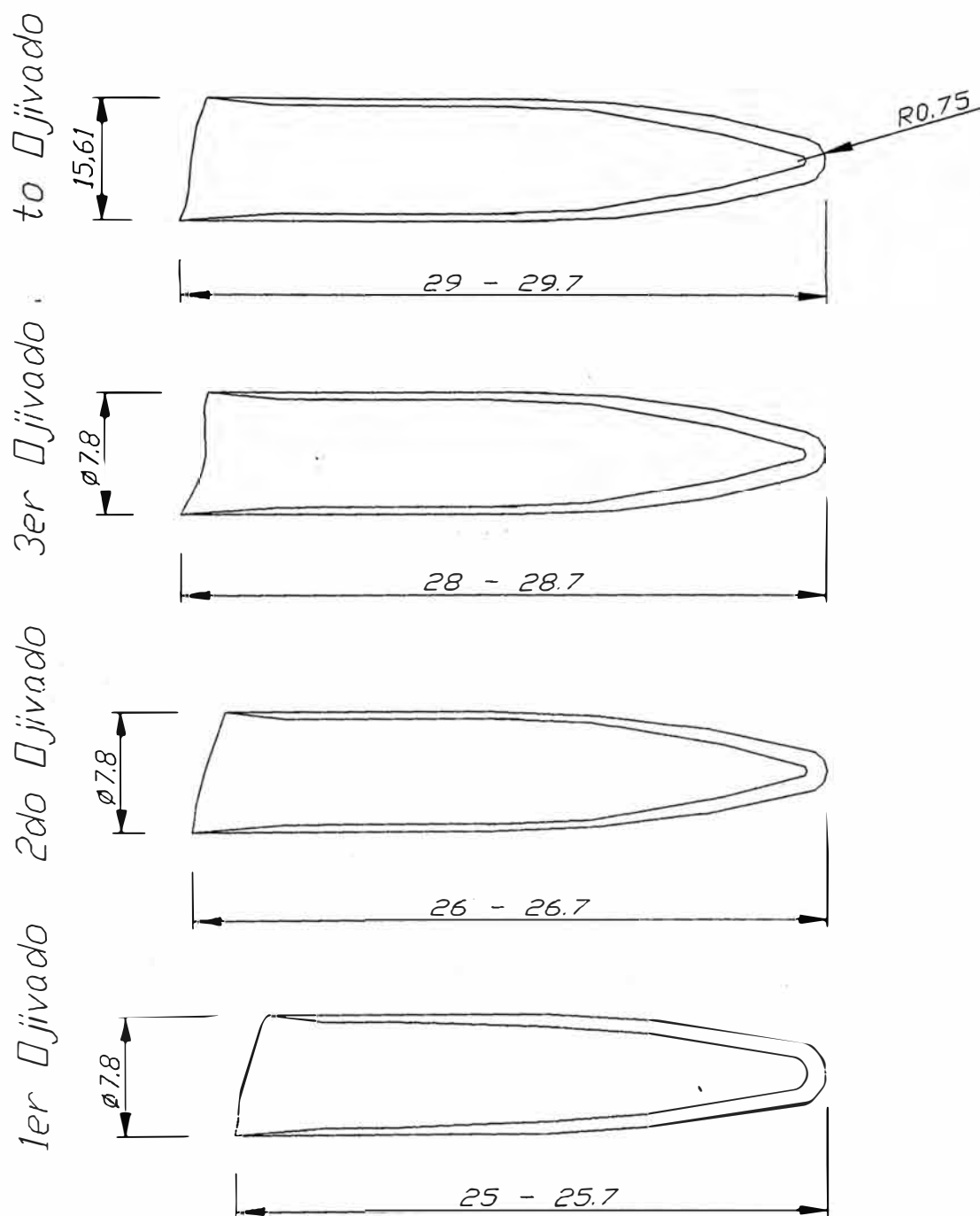
Datos para comparar de CAL. 7.62N para la PB31/8

Fig N° 6.18

Para el cálculo de la ojiva se dividirá en tres zonas :

$$\text{Volumen de punta} + \text{Volumen de Ojiva} + \text{Volumen recto} = \text{Volumen Total}$$

Para el cálculo del Volumen de la Ojiva y volumen de punta se realizara a través de una diferencia de volúmenes exterior menos interior , aplicando volúmenes por integrales:

Se seguirá los siguientes pasos :

Primero ubicar los puntos extremos del arco de circunferencia que desarrolla el perfil del volumen exterior, tanto para la punta como para la Ojiva :

$$P1 : (a , b) \text{ y } P2 : (c , d)$$

Nota:

$$a > c \quad ; \quad b > d$$

Se presentara las ecuaciones de la circunferencia para cada punto:

$$(a - X_o)^2 + (b - Y_o)^2 = R^2$$

$$(c - X_o)^2 + (d - Y_o)^2 = R^2$$

Se realizara un cambio de variable :

$$c - X_0 = m$$

$$d - X_0 = n$$

Reemplazando:

$$m = - \frac{(2 (b - d) n + ((a - c)^2 + (b - d)^2))}{2 (a - c)}$$

$$n = \frac{- (4 (b - d) ((a - c)^2 + (b - d)^2) \pm \sqrt{4 (b - d) ((a - c)^2 + (b - d)^2)^2 - 4 (4 ((b - d)^2 + (a - c)^2) ((a - c)^2 + (b - d)^2 - 4 (a - c)^2 R^2)}}{2 (4 ((b - d)^2 + (a - c)^2))}$$

Para comodidad de resolver las ecuaciones de "m" y "n" , se realizara un cambio de variable para las sustracciones (a - c), (b - d).

$$a - c = o$$

$$b - d = p$$

Resultando:

$$n = \frac{- (4 p (o^2 + p^2)) \pm \sqrt{(4 p (o^2 + p^2))^2 - 4 (4 (p^2 + o^2)) (o^2 + p^2 - 4 o^2 R^2)}}{2 (4 (p^2 + o^2))}$$

Para mejorar aun mas la solución de las ecuaciones se realizara otro cambio de variable

$$o^2 + p^2 = T$$

Resultando:

$$n = \frac{- (4 p T \pm \sqrt{(4 p T)^2 - 4 (4 T) (T - 4 o^2 R^2)}}{2 (4 T)}$$

También :

$$m = - \frac{(2 p n + T)}{2 o}$$

Resolviendo se obtiene los valores de :

a, b, c, d, m, n, o, p, T , que nos dará los valores del centro del arco X_o y Y_o

obteniendo los centros de los arcos ,para que seguidamente reemplazar en las formulas del capitulo de integrales.

$$V_e = \text{Int1} + \text{Int2} + \text{Int3}$$

$$V_i = \text{Int1} + \text{Int2} + \text{Int3}$$

Para el cálculo de Volumen recto

Se toma como si fuera un tubo hueco. Dividido en 2 zonas la primera su perfil es rectangular y de la segunda ,el perfil es trapezoidal .

Según formula :

$$V1 = \frac{\pi * d_e^2 * h}{4} - \sum_1^n \frac{\pi * H' * (D^2 + Dd + d^2)}{12}$$

Para el perfil exterior de Ojiva y la punta , los datos que pide el calculo se obtendrán planimetricamente del plano de la bala terminada ver Anexo: Productos manufacturados de la MANURHIN para el Cartucho Cal. 5.56x45mm .

Para el caso del perfil interior de la Ojiva y la punta los datos que pide el cálculo se obtendrá tabulando consecutivamente de

la diferencia de volúmenes hasta que la diferencia de el volumen requerido que es 119.32 mm^3

Los resultados de los diámetros internos, radio de ojiva y alturas definirán el perfil exterior del punzón de ojiva. Igualmente para el diámetro exterior, altura y radio de ojiva exterior definirá el perfil interior de la matriz para la ojiva. Ver Fig 6.19

Esto aplicándolo a un programa se podrá realizar con facilidad el tanteo de valores.

Este pasos a seguir se da tanto para los cuatro (4) postes

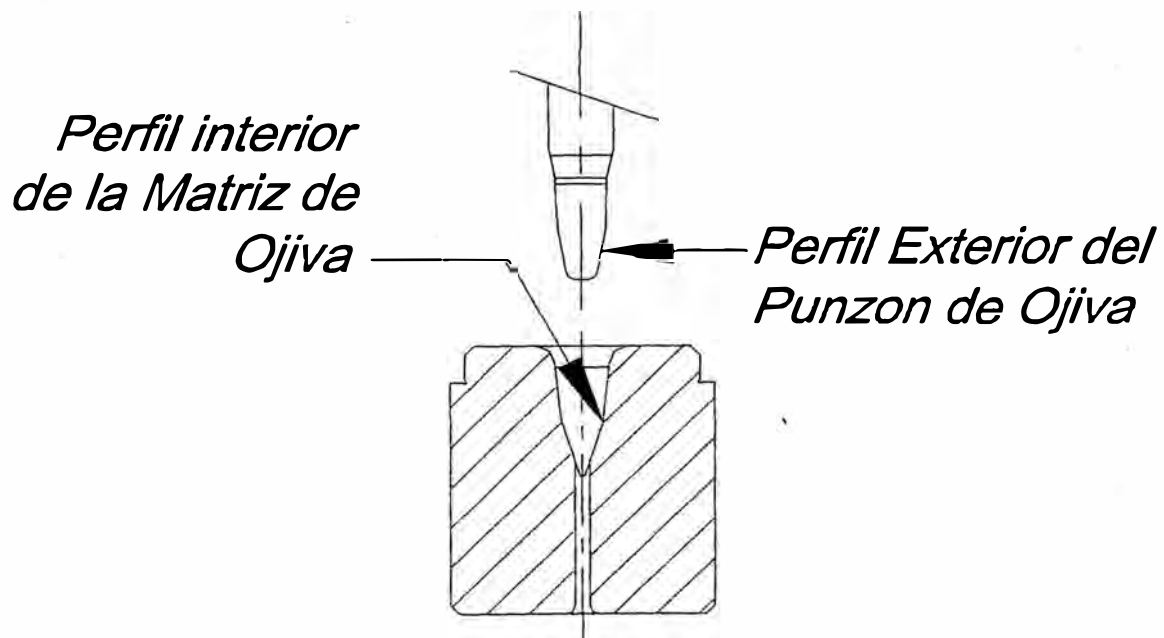


Fig 6.19

CÁLCULO DEL 4TO POSTE

PARTE DE OJIVA

Volumen exterior

Volumen interior

	Anulo	Punto a,b	c,d		R=	nulo	Punto a,b	c,d		R=	
esor	0.57	a=	-2.845	b=	12.2	31	a=	-2.275	b=	12.2	
	25	c=	-0.2536	d=	0.0053		25	c=	-0.254	d=	0.8953

(a-c)=	-2.5914
(b-d)=	12.195

(a-c)=	-2.021
(b-d)=	11.3

Xo=	40.13
Yo=	14.96

Xo=	40.62
Yo=	14.04

Xo=	-43.23
Yo=	-2.755

Xo=	-43.14
Yo=	-0.941

Int1= 33336

Int1= 25578

Int2= 61699

Int2= 58587

Int3= -31338

Int3= -20534

Vet 63697

Vit 63632

Volumen de Ojiva	65.758 mm³
-------------------------	------------------------------

PARTE RECTA

de=	5.69
D=	5.26
d=	4.55
H=	7
H2	4
H1c	3

Volumen recto	53.5 mm³
----------------------	----------------------------

PARTE PUNTA

Volumen exterior					Volumen interior						
A=	-0.2536	b=	0.0053	R=	0.6	a=	-0.254	b=	0.8953	R=	0.6
C=	0	d=	0			c=	0	d=	0.89		
(a-c)=	-0.2536	(b-d)=	0.0053			(a-c)=	-0.254	(b-d)=	0.005		
Xo=	-0.12	Yo=	0.334			Xo=	-0.12	Yo=	1.224		
Xo=	-0.134	Yo=	-0.329			Xo=	-0.134	Yo=	0.561		
Int1=	0.0041					Int1=	0.004				
Int2=	0.0002					Int2=	0.0002				
Int3=	0.1581					Int3=	0.158				
Vet	0.1627					Vit	0.162				

Volumen de punta	0 mm ³
------------------	-------------------

Volumen total de la camiseta será:	119.3 mm ³
------------------------------------	-----------------------

Con los valores encontrados después de la tabulación se levanta el plano del producto del cuarto poste. Ver Fig. 6.20

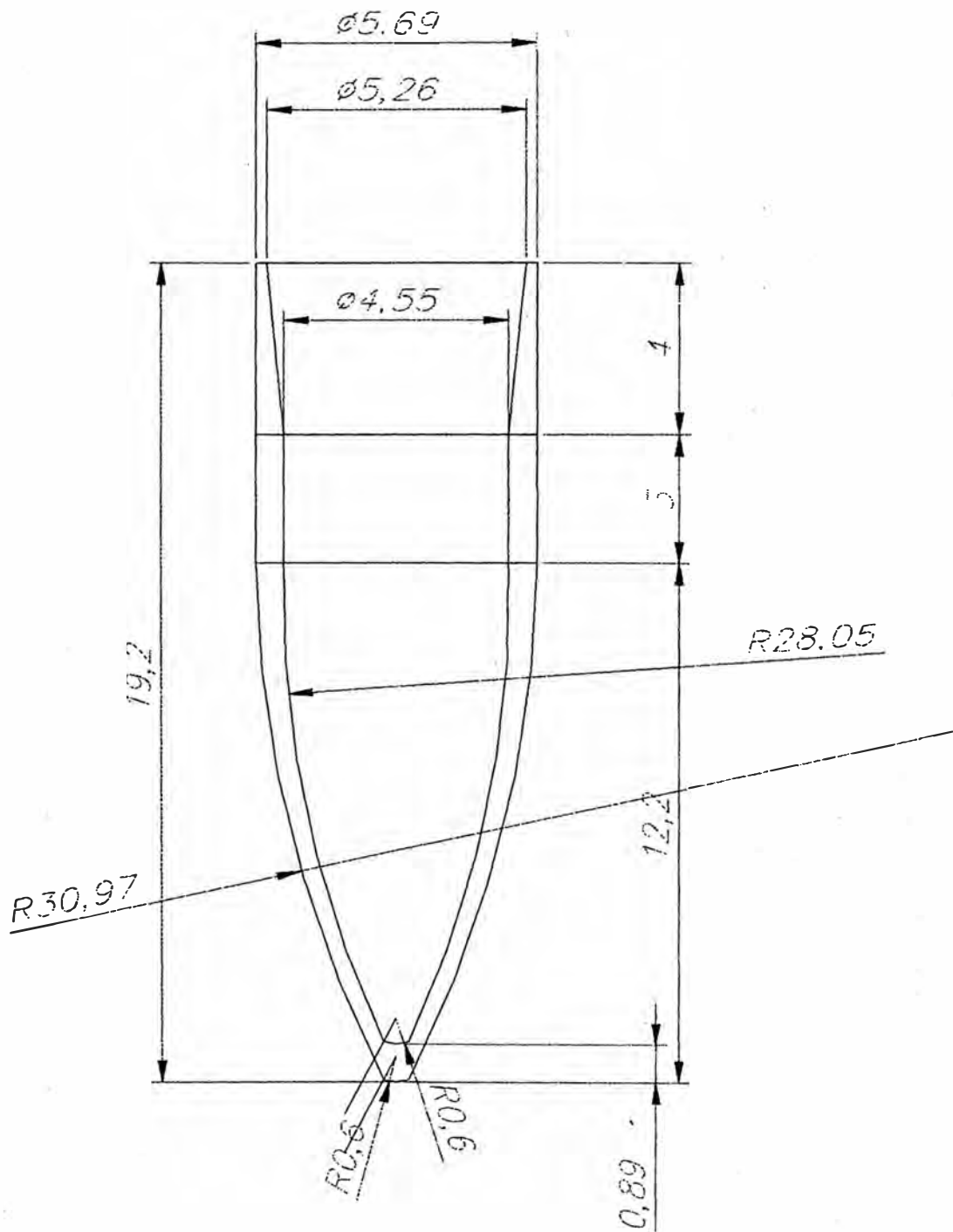


Fig. 6.20

CÁLCULO DEL 3ER POSTE

PARTE DE OJIVA

Volumen
exterior

Volumen
interior

		Punto a,b	c,d					Punto a,b	c,d						
esor	An	a=	-2.845	b=	12.2	R=	31	n	ulo	a=	-2.235	b=	12.2	R=	28.8
0.61	25	c=	-0.2536	d=	0.005			24.36		c=	-0.247	d=	1.06		

(a-c)=	-2.5914
(b-d)=	12.1947

(a-c)=	-1.988
(b-d)=	11.14

Xo=	40.1
Yo=	15

Xo=	40.83
Yo=	14.14

Xo=	-43.2
Yo=	-2.75

Xo=	-43.3
Yo=	-0.88

Int1= 33336.5

Int1= 26677

Int2= 61698.7

Int2= 58345

Int3= -31338

Int3= -21400

Vet 63697.4

Vit 63623

Volumen de Ojiva	74.6467 mm ³
------------------	-------------------------

PARTE RECTA

de=	5.69
D=	5.26
d=	4.47
H=	5.5
h2	3
h1c	2.5

Volumen recto	44.7 mm ³
---------------	----------------------

PARTE PUNTA

Volumen exterior					Volumen interior						
A=	-0.2536	b=	0.005	R=	0.6	a=	-0.247	b=	1.06	R=	0.6
C=	0	d=	0			c=	0	d=	0.89		
(a-c)=	-0.2536					(a-c)=	-0.247				
(b-d)=	0.00528					(b-d)=	0.1704				
Xo=	-0.12					Xo=	-0.1				
Yo=	0.33					Yo=	1.014				
Xo=	-0.13					Xo=	-0.15				
Yo=	-0.33					Yo=	0.937				
Int1=	0.00415					Int1=	0.1906				
Int2=	0.00024					Int2=	0.0051				
Int3=	0.15815					Int3=	-0.016				
Vet	0.16253					Vit	0.1458				

Volumen de punta	0.0167 mm ³
------------------	------------------------

Volumen total de la camiseta será:	119.36 mm ³
------------------------------------	------------------------

Con los valores encontrados después de la tabulación se levanta el plano del producto del tercer poste. Ver Fig. 6.21

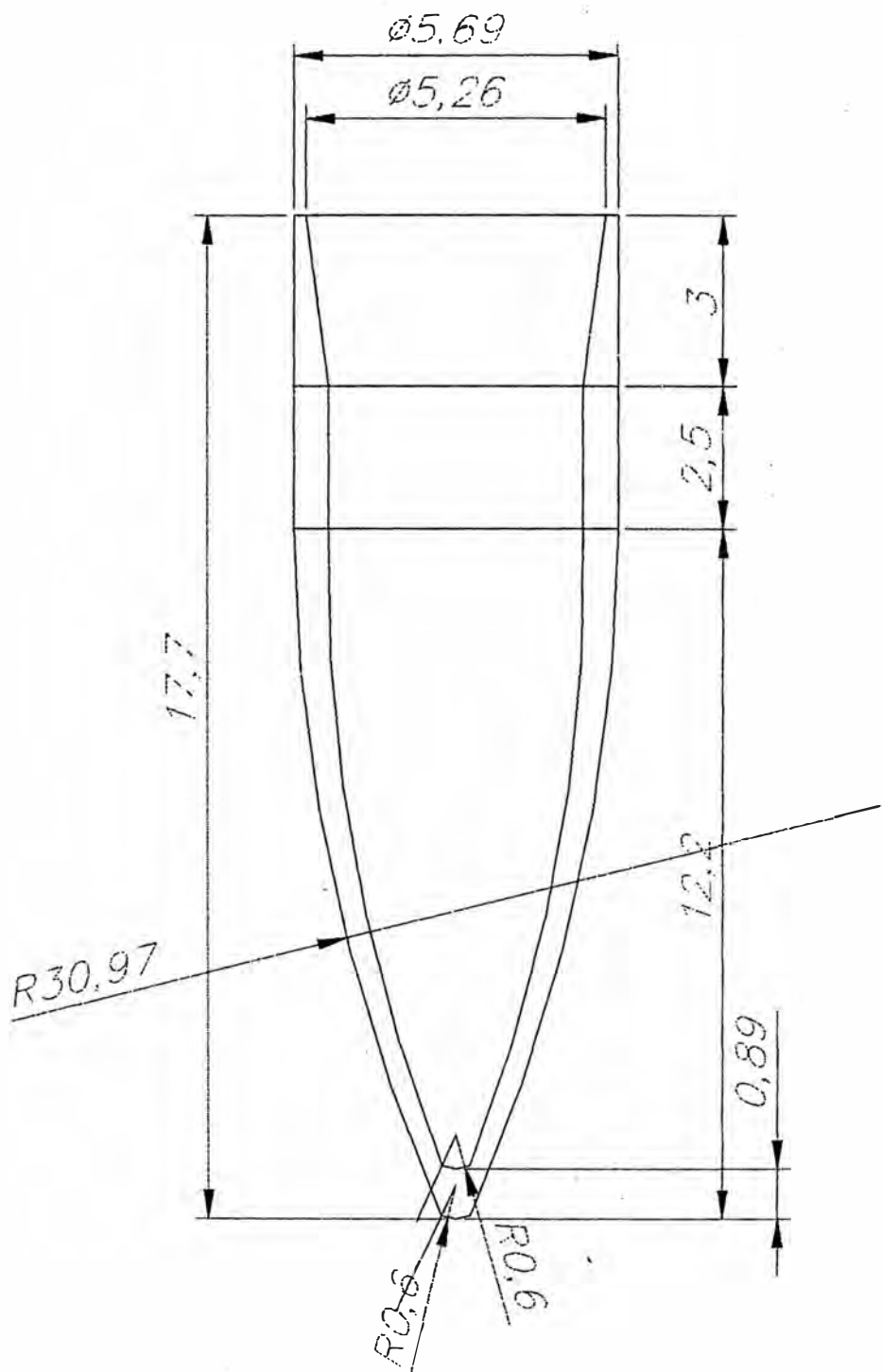


Fig. 6.21

CÁLCULO DEL 2DO POSTE**PARTE DE OJIVA****Volumen exterior****Volumen interior****Punto (a,b) y (c,d)****Punto (a,b) y (c,d)**

pesor	Angulo	a=	-2.845	b=	12.2	R=	31	Angulo	a=	-2.225	b=	12.2	R=	28.58
0.62	25	c=	-0.254	d=	0.005			24.36	c=	-0.247	d=	1.06		

(a-c)=	-2.591
(b-d)=	12.19

(a-c)=	-1.978
(b-d)=	11.14

Xo=	40.1
Yo=	15

Xo=	41
Yo=	14

Xo=	-43
Yo=	-2.8

Xo=	-43
Yo=	-0.8

Int1=	33336
Int2=	61699
Int3=	-31338
Vet	63697

Int1=	26282
Int2=	58309
Int3=	-20980
Vit	63612

Volumen de Ojiva	85.81 mm ³
------------------	-----------------------

PARTE RECTA

de=	5.69
D=	5.26
d=	4.45
H=	4
h2	2
h1c	2

Volumen recto	33.5 mm ³
---------------	----------------------

PARTE PUNTA

Volumen exterior					Volumen interior						
a=	-0.254	b=	0.005	R=	0.6	a=	-0.247	b=	1.06	R=	0.6
c=	0	d=	0			c=	0	d=	0.89		
(a-c)=	-0.254					(a-c)=	-0.247				
(b-d)=	0.005					(b-d)=	0.1704				
Xo=	-0.12					Xo=	-0.1				
Yo=	0.33					Yo=	1				
Xo=	-0.13					Xo=	-0.2				
Yo=	-0.33					Yo=	0.9				
Int1=	0.004					Int1=	0.1906				
Int2=	2E-04					Int2=	0.0051				
Int3=	0.158					Int3=	-0.016				
Vet	0.163					Vit	0.146				

Volumen de punta	0.017 mm ³
------------------	-----------------------

Volumen total de la camiseta será:	119.3 mm ³
------------------------------------	-----------------------

Con los valores encontrados después de la tabulación se levanta el plano del producto del segundo poste. Ver Fig. 6.22

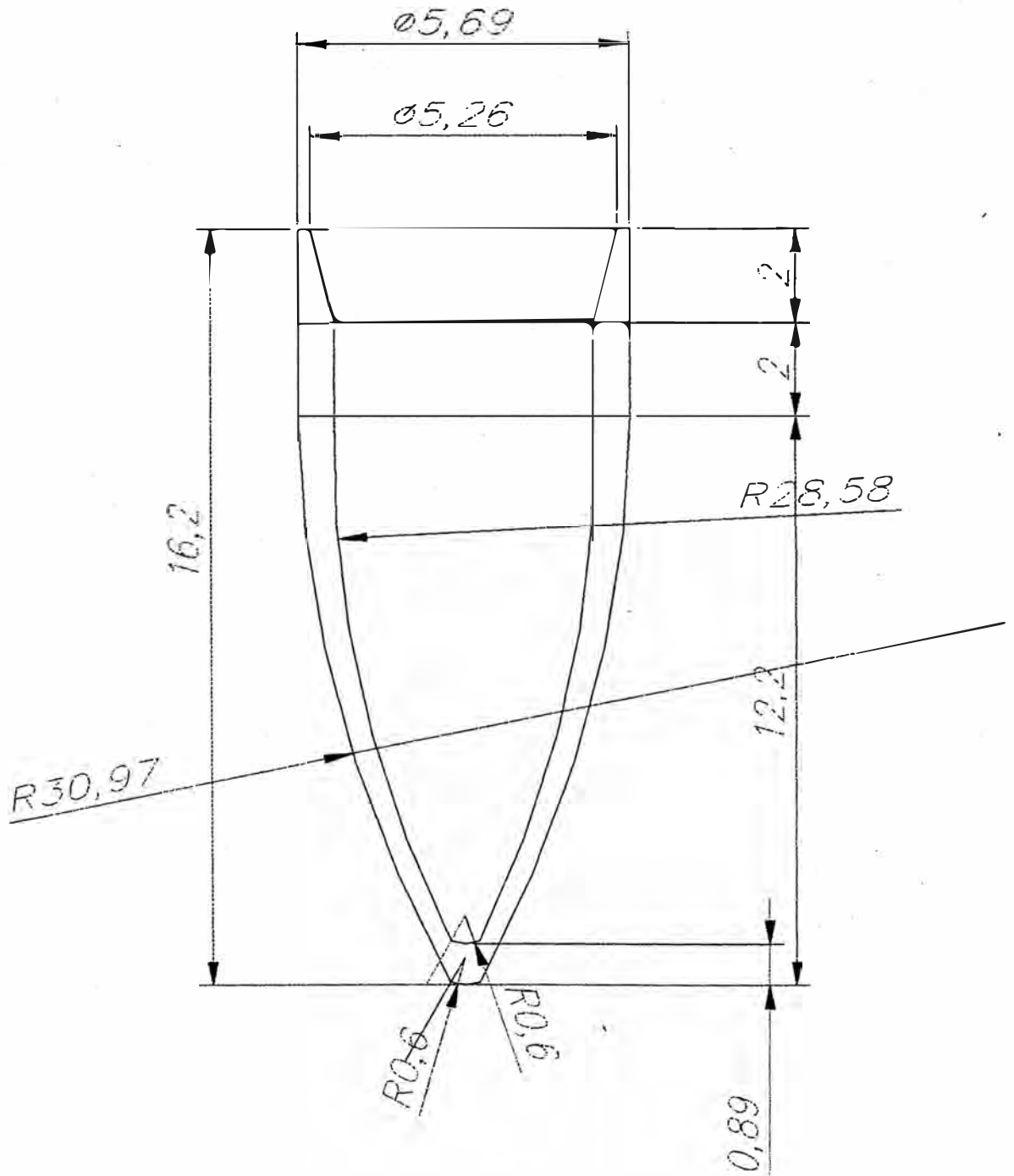


Fig. 6.22

CÁLCULO DEL 1ER POSTE

PARTE DE OJIVA

Volumen exterior

Volumen interior

Punto (a,b) y (c,d)

Punto (a,b) y (c,d)

Espesor	Angulo	a=	-2.845	b=	12.2	R=	31	Angulo	a=	-2.195	b=	12.2	R=	27.97
0.65	25	c=	-0.254	d=	0.005			24.36	c=	-0.247	d=	1.06		

(a-c)=	-2.591
(b-d)=	12.19

(a-c)=	-1.948
(b-d)=	11.14

Xo=	40.1
Yo=	15

Xo=	40.8
Yo=	14

Xo=	-43.2
Yo=	-2.75

Xo=	-43
Yo=	-0.7

Int1=	33336
Int2=	61699
Int3=	-31338
Vet	63697

Int1=	25131
Int2=	58264
Int3=	-19797
Vit	63597

Volumen de Ojiva	100 mm ³
------------------	---------------------

PARTE RECTA

de=	5.69
D=	5.26
d=	4.39
H=	2.5
h2	2
h1c	0.5

Volumen recto	19.3 mm ³
---------------	----------------------

PARTE PUNTA

Volumen exterior						Volumen interior					
a=	-0.254	b=	0.005	R=	0.6	a=	-0.247	b=	1.06	R=	0.6
c=	0	d=	0			c=	0	d=	0.89		
(a-c)=	-0.254	(b-d)=	0.005			(a-c)=	-0.247	(b-d)=	0.17		
Xo=	-0.12	Yo=	0.33			Xo=	-0.1	Yo=	1.01		
Xo=	-0.13	Yo=	-0.33			Xo=	-0.2	Yo=	0.94		
Int1=	0.004					Int1=	0.191				
Int2=	2E-04					Int2=	0.005				
Int3=	0.158					Int3=	-0.016				
Vet	0.163					Vit	0.179				

Volumen punta	0.017 mm ³
---------------	-----------------------

Volumen total de la camiseta será:	119.32 mm ³
------------------------------------	------------------------

Con los valores encontrados después de la tabulación se levanta el plano del producto del primer poste. Ver Fig. 6.23

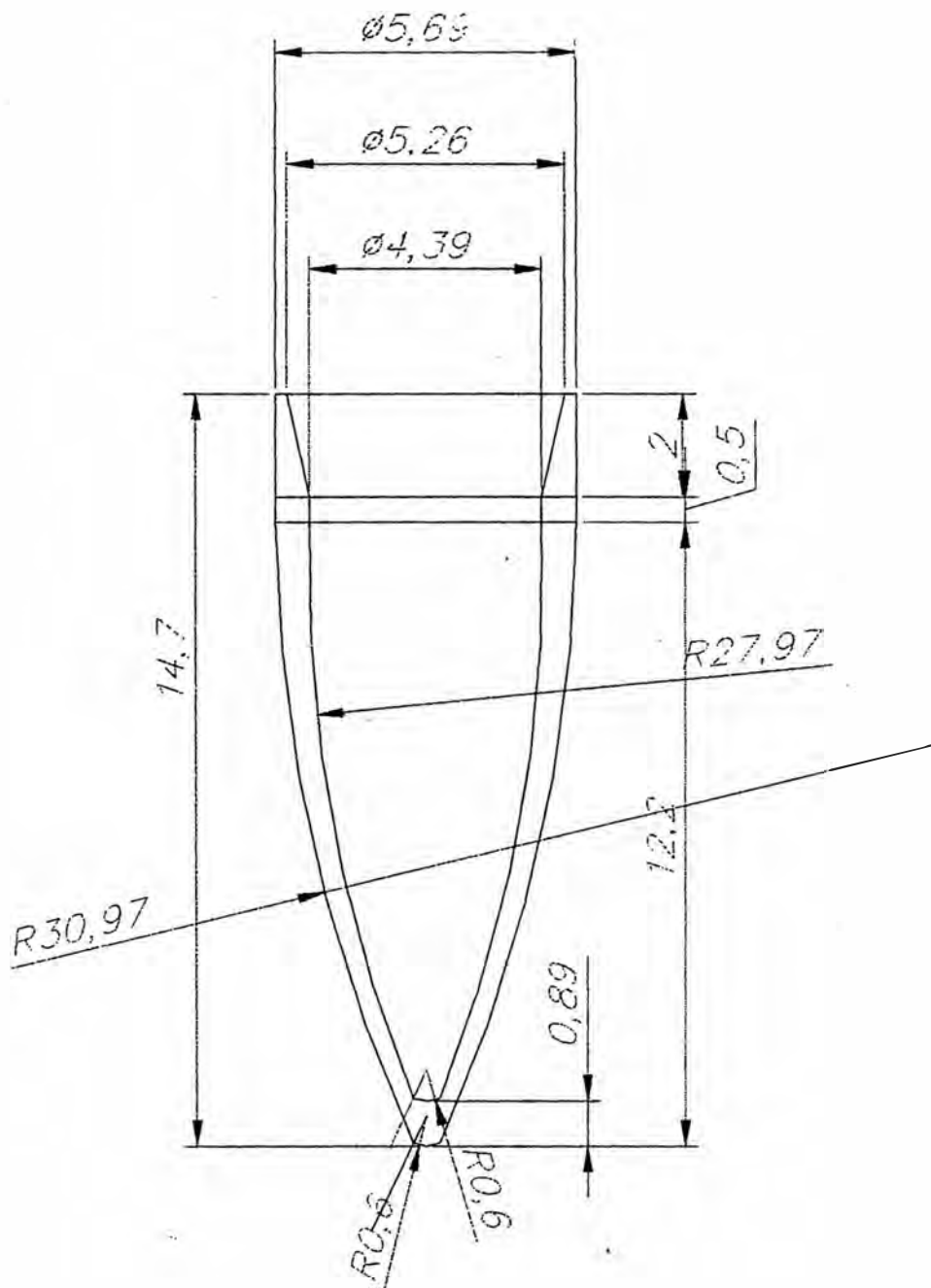


Fig. 6.23

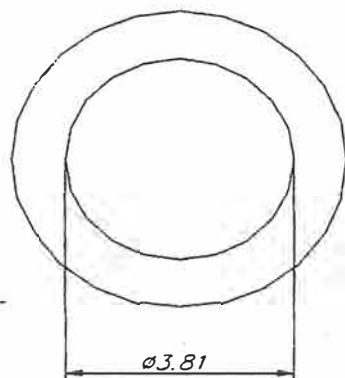
Para el caso del cierre se acondicionara los utilajes a la medida de Cal.5.56 X 45 mm.

El perfil del cierre se realizara por proporciones teniendo como referencia el utilaje de 7.62 X 51mm.

Para el caso en los postes donde se realizara el acabado de la parte inferior de la bala se realizara tomando medidas del diámetro interior de muestras de bala de ambos calibres (Calibre 7.62 x 51mm y Calibre 5.56 x 45mm).

Para la obtención del diámetro de trabajo del punzón a realizar el acabado. Se tomará como constante la diferencia entre el diámetro de la muestra y el punzón de Cal. 7.62 X 51mm. Y esto se aplicara para el de Calibre 5.56 x 45 mm. Ver Fig. 6.24

Cal 7.62X51mm



Cal. 5.56X45mm

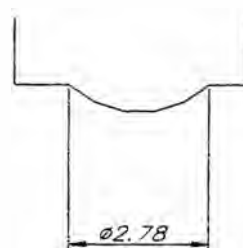
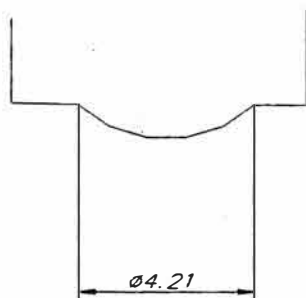
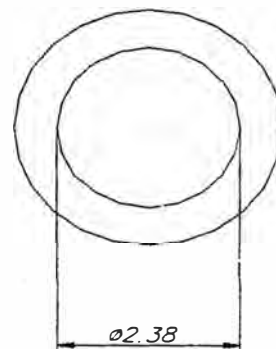


Fig. 6.24

$$\frac{4.21}{3.81} = \frac{\text{Ø del punzón 5.56}}{2.38}$$

donde : Ø del punzón 5.56 = 2.63 mm

Para la obtención del radio de forma para el acabado de la parte inferior de la bala, Se aplica un Pitágoras. Ver Fig. 6.25

Manteniendo la altura del arco constante.

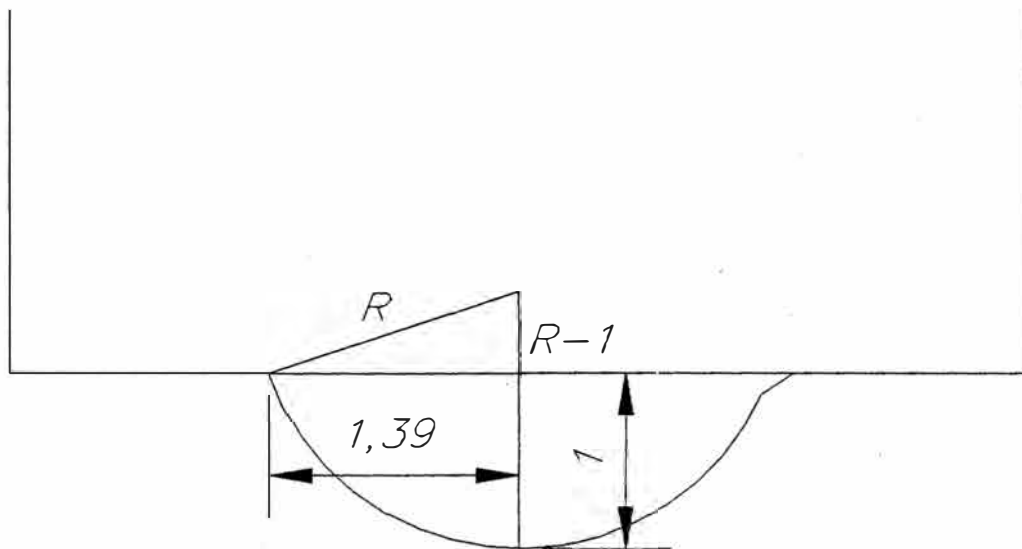


Fig. 6.25

R : Radio de forma

Se obtuvo como radio de la fórmula de Pitágoras

$$R = 1.466 \text{ mm.}$$

6.3.4 Operación de Ranurado

1. Para esta operación se realizara los acondicionamientos según la bala 5.56, para lo que es punzonería a excepción de la moleta.
Tomando como referencia la longitud de la bala Calibre 5.56 x 45 mm.
2. El sistema de presentación de la bala será modificado debido a que es mas factible y económico su fabricación obviando la idea

que se fabrique una moleta nueva y eso con llevaría a un gasto mayor

3. Se realizara la adecuación del dispositivo de presentación de la bala en forma planimetricamente. Ver Fig. 6.26

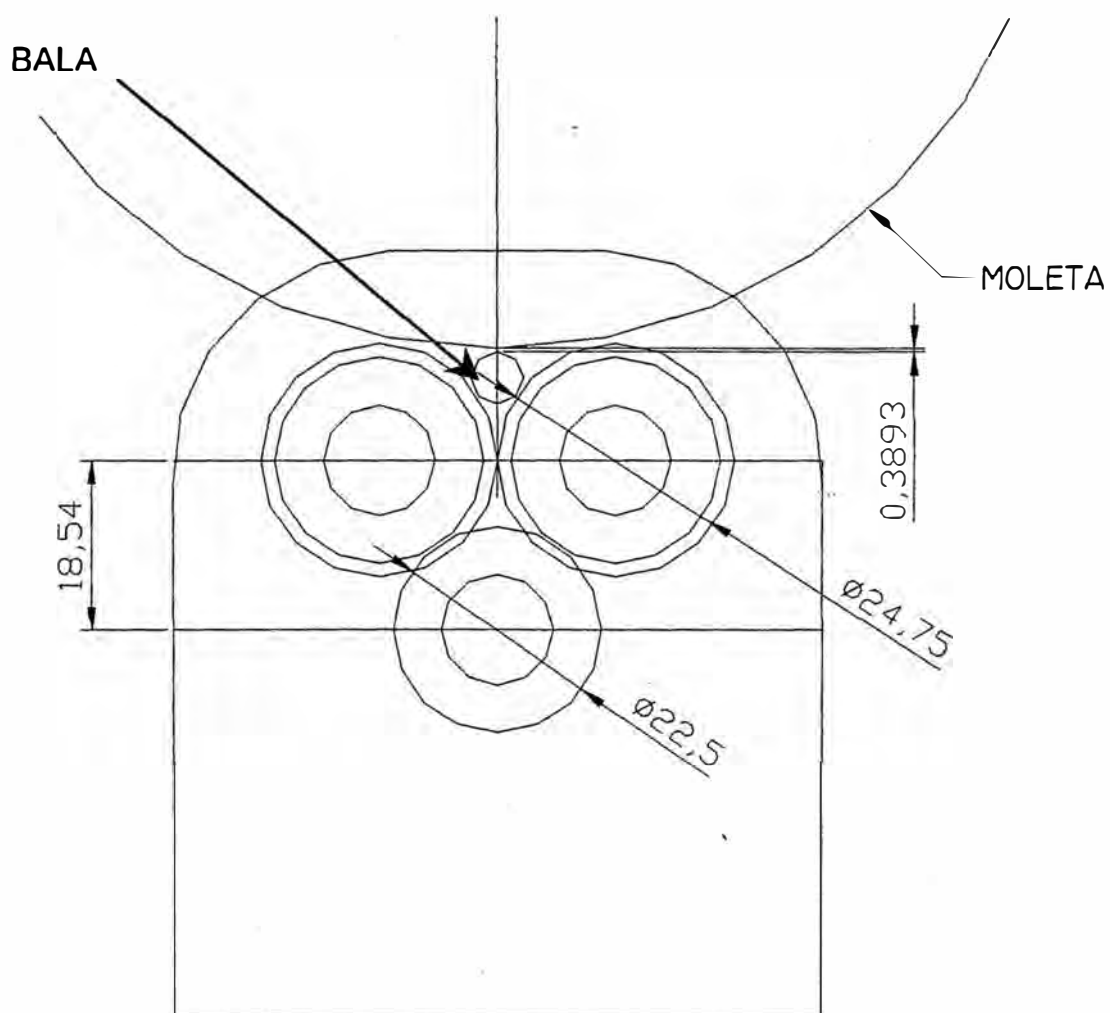


Fig. 6.26

CAPITULO 7
CONTROL DE CALIDAD PARA LA APROBACIÓN DE LA BALA CALIBRE
5.56 X 45mm.

7.1 Alcance del Control de Calidad

El estudio para la aplicación de un sistema de control de calidad, tiene como alcance la identificación de los rangos de las dimensiones de los productos manufacturados de la línea de fabricación Bala Calibre 5.56 x 45mm.

Para realizar dicha identificación tomaremos tolerancias referenciales apoyados en la experiencia que se tiene fabricando y controlando los productos manufacturados para la Bala Calibre 7.62 x 51mm. Teniendo sus dimensiones tolerancias promedio de + 0.05 mm.

Con dicha tolerancia se define el rango referencial inicial con las dimensiones ya dadas por los productos manufacturados y otras dimensiones calculadas por el método matemático aplicado en la presente Tesis.

Estos rangos de tolerancias se afinaran en las Pruebas de Pre – Producción, a través de muestreos y levantamientos de estadísticas (Histogramas); hasta lograr productos aceptables.

Para realizar los muestreos e histogramas se hará uso de formatos que se han elaborado para este proyecto.

Seguidamente detallaremos en cada proceso los controles, verificadores y patrones que se emplea en máquina

En los Formatos de Control se detallan los parámetros a verificar con sus dibujos correspondientes . Ver Anexo Formato Metrología de Procesos

PBOA

Producto Final : Copa bala

Control Se realizó una Inspección visual en la formación de crestas en la boca de la copa.

Se tomó medidas de Longitud, diámetro, espesores de pared y fondo cumpliendo con las tolerancias.

PB1B

Producto final : Vaina

Control : Uso de patrones para diámetro y longitud

Pesaje del producto.

PB8C

- Producto Final: Núcleo de plomo

Control Peso del núcleo.

PB31/8

Producto Final: Bala

Control Inspección Visual en el cierre.

Se utilizó patrones de diámetro, Longitud(Verificador o Reloj), Cierre y forma de punta.

Verificador de Excentricidad.

PB12A

Producto Final: Bala Ranurada

Control : Se utilizó patrones en el diámetro de la ranura

Hornos Ttoe 7/15

Producto Final: Copa bala Recocida

Control : Se tomó la dureza

Lavadora ESW T300

Producto Final: Copa bala lavada y decapada

Control : Inspección visual (limpieza)

PD15

Producto Final : Bala Pulida

Control : Se realizó una Inspección Visual para localizar abolladuras en el material.

7.2 Planteamiento de los muestreos a trabajar en la línea de fabricación para asegurar la calidad de la bala CAL. 5.56 X 45mm.

La precisión es la última prueba que garantiza el buen trabajo realizado en el proyecto. En este punto se plantea los muestreos de datos que servirán para normar el control de productos de cada máquina que disminuirá los tiempos de pérdida, una mejor eficiencia productiva y una precisión dentro de lo normado.

Para iniciar éste trabajo se tiene que tomar en cuenta los rendimientos de cada máquina, lo cual nos permitió saber, que los tiempos a tomar para el muestreo en la producción.

**BALA 5.56X45 mm (RENDIMIENTOS POR MÁQUINA)
BALA ORDINARIA**

EMBUTIDO Y CORTE	rendimiento (u.u. / min.)
MÁQUINA	
PBOA	336u.u. / min.
SERIE: 6225	
ESTIRADO Y CORTE	rendimiento (u.u. / min.)
MÁQUINA	
PB1B	
SERIE : 6919C	84u.u. / min.
PB1B	
SERIE: 6225C	84u.u. / min.
ENSAMBLADO DE COPA BALA Y PLOMO	rendimiento (u.u. / min.)
MÁQUINA	
PB31/14	
SERIE: 10419M	75u.u. / min. -100u.u. / min.
PB31/8	
SERIE : 6200M	60u.u. / min.
PB31/8	
SERIE: 6197M	60u.u. / min.
RANURADO	rendimiento (u.u. / min.)
MÁQUINA	
PB32	
SERIE: 8774C	110u.u./min.
PB12A	
SERIE: 6922C	110u.u./min.
FORMACIÓN DE NÚCLEOS	rendimiento (u.u. / min.)
MÁQUINA	
PB8C	
SERIE: 10420M	147/min.
PB8C	
SERIE: 6196M	149/min

Muestreos Tomados en cada Máquina

Se analizó en cada máquina cuantos muestreos realizar por hora de producción.

PBOA

Para el proceso de embutido (PBOA) se tomó en cuenta que la recepción del latón en banda (es previamente verificado por el Departamento de control de Calidad), al terminar un rollo e iniciar otro se tiene que tomar muestras y se realiza el siguiente análisis.

Nota: Los rollos tienen un peso promedio de 32.4Kilos

Análisis del rollo en la PBOA

Longitud	Cantidad de copa bala por longitud	Cadencia de la máquina	Tiempo en procesar el rollo
metro	u.u./metro	u.u./min.	minutos
100	168	336	50

Según el anterior análisis dura 1 hora procesar un rollo aproximadamente.

Producción horaria

16800 u.u. copitas bala.

El muestreo a tomar va a ser el siguiente:

Cada 15 min. se tomará un muestreo de 08 unidades, siendo en una hora un total de 32 muestras tomadas suficientes para levantar un análisis estadístico (histograma).

Los parámetros tomados fueron:

Espesor de pared	(0.72 – 0.77) mm.
Diámetro exterior :	(8.47 – 8.50) mm.
Espesor de base	(0.91 – 0.95) mm

Máquina PB1B

En éste proceso de estirado se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia	84 u.u. /min.
Producción horaria	5040 u.u.

Cada 15 min. se tomó un muestreo de 06 unidades, siendo en una hora un total de 24 muestras tomadas suficientes para levantar un análisis estadístico (histograma).

Los parámetros a tomar son:

Altura	(13.20 -13.22) mm.
Diámetro exterior	(5.65 – 5.68) mm.
Espesor de fondo	(0.91 – 0.95) mm.
Espesor de paredes	(0.47 – 0.62) mm.

Máquina PB8C

En éste proceso de embutido se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia	149 u.u. /min.
Producción horaria	8940 u.u.

Cada 10 min. se tomó un muestreo de 05 unidades, siendo en una hora un total de 30 muestras tomadas suficientes para levantar un análisis estadístico (histograma).

Los parámetros a tomar son:

Radio de forma	30.5 mm.
Peso de plomo	(2.50-2.52) gr.

Máquina PB31/8

En éste proceso de ensamble se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia 60 u.u. /min.

Producción horaria 3600 u.u.

Cada 10 min. se tomara un muestreo de 06 unidades, siendo en una hora un total de 36 muestras tomadas suficientes para levantar un análisis estadístico (histograma).

Máquina PB12A

En éste proceso de ranurado se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia 110 u.u. /min.

Producción horaria 6600 u.u.

Cada 15min. se tomó un muestreo de 03 unidades, siendo en una hora un total de 12 muestras tomadas suficientes para levantar un análisis estadístico (histograma).

Los parámetros para la PB 31/8 y PB12A son:

Longitud de punta (12.09 – 12.29) mm.

Diámetro de la ranura	(5.37 – 5.49) mm.
Diámetro exterior	(5.68 – 5.69) mm.
Longitud total	(18.44 – 19.14) mm.

Tratamiento Térmico en los Hornos Ttoe 7/15

En éste proceso de tratamiento térmico se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia	13.3 Kg /min.
Producción horaria	798Kg

Cada 15 min. se tomó un muestreo de 05 unidades, siendo en una hora un total de 20 muestras tomadas suficientes para levantar una estadística de dureza en unidades Vickers HV5 (histograma).

Máquina Lavadora ESW T/300

En éste proceso de lavado se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia	6.6Kg. /min.
Producción horaria	396Kg

En éste proceso de lavado el muestreo es visual (ver que se ha realizado una limpieza al 100%) y Cada 15min. se tomó un

muestreo de 20 unidades, siendo en una hora un total de 80 muestras .

Máquina Pulidora PD15

En éste proceso de pulido se tomó la cadencia de la máquina para saber su productividad en 1 hora .

Cadencia	1.1Kg. /min.
Tiempo de pulido	20 minutos
Producción	22Kg

En éste proceso de pulido, se muestreó visualmente (el aspecto de la superficie) y se realizó al final del proceso.

Bajo éste análisis de muestreo y teniendo conocimiento de las medidas a tomar en cuenta, se desarrollará los formatos a usar en el proceso de control de calidad de la línea de fabricación de Bala Calibre 5.56x45mm.

Nota : Ver Anexo - Formato de Metrología de Procesos

A continuación se presenta los factores que influyen en la obtención de una buena precisión:

a. Reglaje de las Máquinas

La confección de una pieza (utilaje o pieza de recambio) bien realizada representa un 70% para que el producto salga con los parámetros exigidos en el plano.

Un 15% fue por el control de calidad en proceso. y el 15% sobrante lo da la máquina, al cual se le realizó un reglaje que significó poner a punto la máquina antes de iniciar la operación, calibrar, centrar, mantenimiento.

b. La Fuerza de Engaste

El grado de firmeza con que la bala es retenida en el gollete se llama fuerza de engaste (certisage) o simplemente engaste. Se consigue dándole al gollete un diámetro ligeramente inferior al de la bala y haciendo que el borde de la boca de la vaina se hinque en la ranura o entalla de que va provista la bala.

El engaste retarda el momento en que la bala se separa de la vaina y tiene una influencia notoria en la presión de la recámara, en la velocidad inicial de la bala y en la precisión.

Cuando aumenta la fuerza de engaste es preciso una mayor "presión de forzamiento" (presión en la recámara necesaria para que la bala inicie su separación de la vaina) teniendo en cuenta que la velocidad de combustión de la pólvora se acelera con el incremento de presión de los gases de la combustión, se comprenderá fácilmente la importancia de la fuerza de engaste en la regularidad del tiro. La influencia de este efecto es tanto mas importante a medida que la pólvora es mas viva.

Por otra parte un fuerte engaste adicional deforma la bala, por tanto la precisión deja mucho que desear.

La fuerza de engaste a aplicar se le da con un rango de 25 – 40 Kgf / mm².

c. La Excentricidad y el Coeficiente Balístico

Mayor importancia juega en este campo la **excentricidad** de las masas componentes de la bala respecto al eje de simetría, que por pequeña que aquella sea, tiene una importancia primordial, ya que por la alta velocidad que la bala alcanza da origen a un cabeceo de ésta, lo que hace seguir una trayectoria irregular y como consecuencia unas precisiones deficientes.

Otro factor de gran trascendencia respecto a la precisión, que por otra parte ha sido el caballo de batalla de balística, es la forma de distribución de las masas; múltiples y complejos han sido los estudios e investigaciones llevadas a cabo en todos los tiempos para determinar estas características de la bala que le dieron una gran estabilidad en vuelo.

La forma de la bala determina una característica de gran importancia, el coeficiente aerodinámico.

Es preciso resaltar que la eficacia balística de una bala depende fundamentalmente de su aptitud para vencer la resistencia del aire. Esta aptitud a su vez está regido por dos factores: el **coeficiente balístico natural "C"** , y el **coeficiente de forma "i"**. La combinación de ambos con la **densidad balística del aire "δ"**, componen el llamado **COEFICIENTE BALISTICO** de la bala, que viene dado por la expresión:

$$C = \frac{P}{i \delta d^2}$$

Siendo **P** el peso de la bala y **d** el diámetro.

El coeficiente balístico natural C, expresa la influencia del calibre y el peso del proyectil en la retardación. Cuanto mayor sea, mayor será la disposición del proyectil a conservar su velocidad. En la

siguiente figura pueden verse varios tipos de balas con coeficientes balísticos crecientes y así su disposición para vencer la resistencia del aire. Ver Fig. 7.1

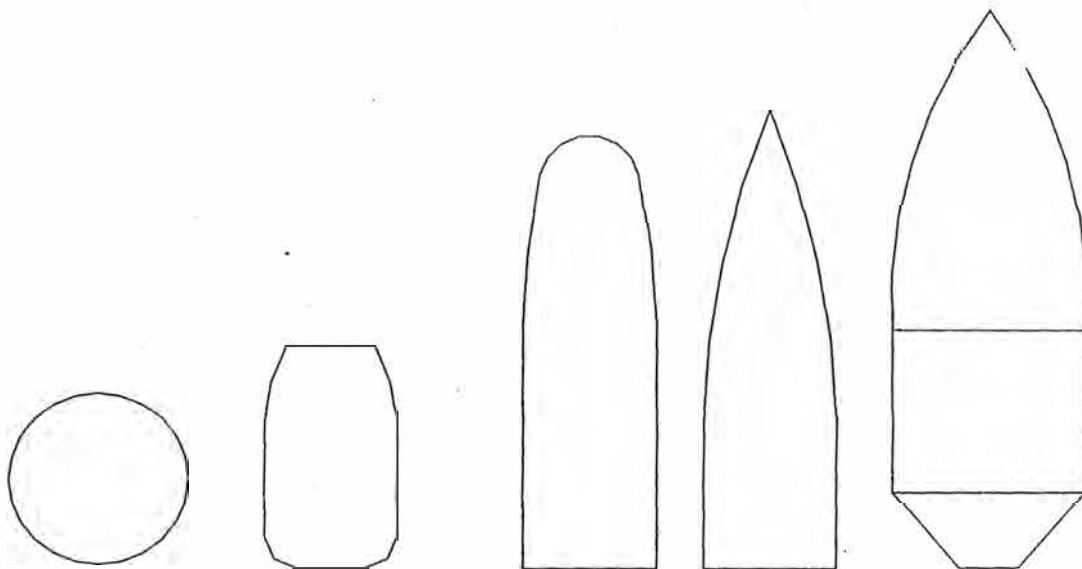


Fig. 7.1

BALAS CON COEFICIENTES BALISTICOS CRECIENTES

d. Determinación del Coeficiente de Forma "i".

Para el cálculo del coeficiente balístico C , es preciso conocer previamente el coeficiente de forma, o coeficiente de reducción.

La tabla balística C de Siacci se ha calculado para proyectiles en los que se verifica:

$$\frac{J}{d} = 1.5 \quad ; \quad \frac{A}{d} = 1.118 \quad ; \quad \alpha = 41^{\circ} 48' 40''$$

Siendo J el radio de la Ojiva; A altura de Ojiva y α el semiángulo en punta. Para todos ellos se puede poner $i = 1000$.

Si la forma es otra, el valor será menor que 1000 si la ojiva es mas aguda y mayor de 1000 en caso contrario. Las balas de fusil antiguas de punta roma $i = 1000$ y las modernas aerodinámicas $i = 850$.

Recientemente hemos obtenido una respuesta practica a la influencia en el vuelo de la bala de su forma. Ligeras variaciones en el perfil tanto de la ojiva como del culote de la bala, dan lugar a grandes diferencias en la precisión.

Con munición de 5.56x45mm, tenemos materializado lo antes dicho. De los estudios e investigaciones realizados para conseguir la bala óptima en forma y dimensiones se llegó a la conclusión de que el coeficiente aerodinámico disminuye mediante un alargamiento de la ojiva y un culote tronco cónico, de forma tal, que el óptimo viene a resultar con una longitud de proyectil de orden de 5 calibres.

Ver Fig. 7.2

La estabilidad de estos proyectiles se consiguió con una bala de núcleo de aluminio y envuelta no completa.

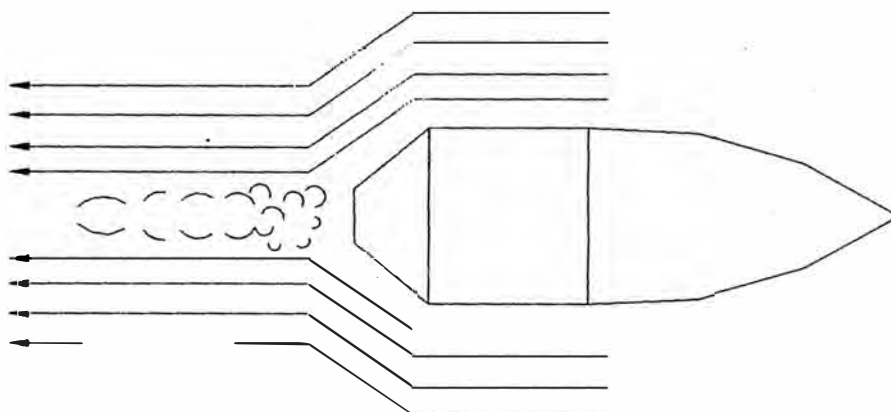


Fig. 7.2

También tiene importancia una buena toma del rayado por las deformaciones que puede originar en la bala.

Factor que contribuye en gran medida a una buena precisión es la compacticidad de los distintos elementos componentes de la bala.

Un conjunto no compacto con las altas aceleraciones y velocidades de giro que adquieren las balas, da lugar a un vuelo irregular.

Está claro que la bala es el elemento del cartucho que más influye en la precisión de una munición y no por su fabricación más o menos perfecta, sino también y fundamentalmente por su forma, peso, dimensiones y distribución de masas.

7.5 Pruebas Balísticas

Lo más importante de la precisión de la bala son las pruebas balísticas después del ensamble del cartucho.

Para iniciar, el personal del área de balística, tomó muestras (77 unidades de un lote de 5 000 a 10000 cartuchos).

Las pruebas realizadas son las siguientes:

Prueba de Engaste

Muestra 35 unidades

Fuerza 40 – 70 Kgf / mm²

Prueba de Velocidad

Muestra 11 unidades

Velocidad (a 25 m) 955 m/s promedio

Prueba de Presión

Muestra 10 unidades

Presión 3600 bar máx.

Prueba de Precisión

Muestra 50 unidades (prueba 10 unidades c/u).

Precisión ≤ 5 cm a 120 m.

Prueba de impermeabilidad

Muestra 11 unidades

Tiempo 24 horas en 4 cm H₂O
tratada.

Prueba de Funcionamiento en Arma: Se realiza para detectar
rajadura, rotura o fisura en casquillo

CAPITULO 8 ESTIMACIÓN DE COSTOS

El Capitulo presenta el costo de la alternativa de la tesis vs el costo de la alternativa de comprar en el extranjero

8.1 COSTO DE DISEÑO, FABRICACIÓN DE UTILAJES Y BALAS

CALIBRE 5.56X45mm DEL PROYECTO : ALTERNATIVA TESIS

Los costos del trabajo se han organizado de la siguiente forma:

I. COSTO DE DISEÑO DE UTILAJES

a) COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra Directa

Dibujante (horas / máquina)

Materia Prima Directa

Útiles de Oficina.

b) GASTOS DE FABRICACIÓN

Mano de Obra Indirecta

Ingeniero, Supervisor de calidad.

Otros Gastos Indirectos

Energía eléctrica.

II. COSTO DE FABRICACIÓN DE UTILAJES

a) COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra Directa

Torneros, Fresadores, Rectificadores (horas / máquina)

Materia Prima Directa

Aceros para la fabricación de Utilajes .

b) GASTOS DE FABRICACIÓN

Mano de Obra Indirecta

Ingeniero, Supervisor de calidad, Técnicos , Ayudantes.

Material Indirecto

Insumos de la fabricación, herramientas, instrumentos

Otros Gastos Indirectos

Energía eléctrica, Herramientas consumibles, Depreciación de

Máquinas.

c) GASTOS ADMINISTRATIVOS

Sueldos de Empleados de Logística (Almacén), Transporte.

III. COSTO PRE-OPERATIVO(PRUEBAS)

Este costo está referido a las pruebas a realizar inicialmente y que será para 50000 unidades.

a) COSTOS DIRECTOS

Mano de Obra Directa

Operarios para los procesos de deformación (horas / máquina)

Materia Prima Directa

Material para la Camiseta y núcleo de la bala.

b) GASTOS DE FABRICACIÓN**Mano de Obra Indirecta**

Ingeniero, Supervisor de calidad, Técnicos , Ayudantes.

Material Indirecto

Insumos de la fabricación, herramientas, instrumentos

Otros Gastos Indirectos

Energía eléctrica, Herramientas consumibles, Depreciación de Máquinas.

c) GASTOS ADMINISTRATIVOS

Sueldos de Empleados de Logística (Almacén), Transporte

Antes de entrar a los costos estimados del proyecto, presentaremos la relación de utilajes que participan de la fabricación de la bala Cal. 5.56x45mm. como se ve en el Capítulo 3 con sus respectivos códigos de plano.

No se tomaron en cuenta los costos por mantenimiento programado para la maquinaria ya que está considerado en el Presupuesto Anual de Mantenimiento de la FAME.

Habiéndose realizado los cuadros de costos tanto para diseño y fabricación de utilajes y fabricación de la bala cal. 5.56x45mm. Se obtuvo lo siguiente.

- Costo para diseño y fabricación de utilajes : **US \$ 38,159.70 dólares**
- Costo para la fabricación de la bala: para 50000 Unidades. **US \$ 5,791.17 dólares**
- Costo de Importación de Verificadores y Patrones **US \$ 120,000.00 dólares**

Costo Total :	US \$ 163,950.87 dólares.
----------------------	----------------------------------

8.2 COSTO DE LA IMPORTACIÓN DE LAS MAQUINAS PARA FABRICACIÓN DE BALAS CALIBRE 5.56X45mm.

- Maquinaria para la formación de camiseta y ensamble : **US \$ 3,217,142.80 dólares.**
- Maquinaria para la formación de núcleo de plomo : **US \$ 2,662,857.10 dólares.**

• Fabricación de Bala :	US \$ 5,200.00 dólares.
• Capacitación del personal:	US \$ 10,000.00 dólares.
• Costo de Importación de Verificadores y Patrones.	US \$ 120,000.00 dólares.
Costo Total:	US \$ 5,915,199.90 dólares.

8.3 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

El resultado de la comparación de las alternativas nos da la alternativa del proyecto como la mas rentable.

Siendo la alternativa de la importación un costo muy elevado obviamente por la Inversión en Maquinaria nueva.

COSTOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UTILAJES

N/O	MAQ.	ITEM	PLANO	COSTO DE DISEÑO						COSTO DE FABRICACIÓN DE UTILAJES																					
				COSTO DIRECTO		GASTOS DE FABRICACIÓN				COSTO DIRECTO			GASTOS DE FABRICACIÓN					GASTOS ADMINISTRATIVOS													
				M.O. D.	M.P.D	M.O.I.	M.P.I	OTROS GASTOS	M.O. D.	M.P.D	M.O.I.	M.P.I		OTROS GASTOS																	
				tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo													
1	PBOA	UTILAJES	001P5.56	10.00	112.50						5.00	1035.00	7.75																		
2			002P5.56	10.00	112.50						4.50	990.00	16.86																		
3			003P5.56	8.00	90.00						3.50	869.94	7.93																		
4			004P5.56	10.00	112.50						7.65	1273.50	3.66																		
5			005P5.56	8.00	90.00						4.50	959.94	4.18																		
6			006P5.56	6.00	67.50						2.50	1559.88	1.69																		
7			007P5.56	6.00	67.50						0.00	0.00	0.00																		
8			008P5.56	5.00	56.25						0.95	1280.88	0.29																		
9	PB1B	UTILAJES	001P5.56	12.00	135.00						5.00	258.75	464.40																		
10			002P5.56	8.00	90.00						3.50	217.49	309.60																		
11			003P5.56	8.00	90.00						6.75	298.13	309.60																		
12			004P5.56	8.00	90.00						6.75	298.13	309.60																		
13			005P5.56	12.00	135.00						5.00	258.75	464.40																		
14			006P5.56	8.00	90.00						3.50	217.49	309.60																		
15			007P5.56	8.00	90.00						6.75	298.13	309.60																		
16			008P5.56	12.00	135.00						5.00	258.75	464.40																		
17			009P5.56	8.00	90.00						3.50	217.49	309.60																		
18			010P5.56	8.00	90.00						6.75	298.13	309.60																		
19			011P5.56	7.50	84.38						3.50	434.97	290.25																		
20			011P5.56	7.00	78.75						3.50	434.97	270.90																		
21			012P5.56	7.00	78.75						3.50	652.46	270.90																		
22			013P5.56	9.00	101.25						5.50	787.46	348.30																		
23			014P5.56	12.00	135.00						5.00	258.75	464.40																		
24			015P5.56	8.00	90.00						6.75	298.13	309.60																		
25			016P5.56	9.00	101.25						6.25	281.25	348.30																		
26			017P5.56	8.00	90.00						6.58	288.68	309.60																		
27			018P5.56	6.00	67.50						0.00	0.00	0.00																		
28			019P5.56	8.00	90.00						3.00	206.24	309.60																		
29			020P5.56	7.00	78.75						4.50	239.85	270.90																		
30			020P5.56	7.00	78.75						4.50	239.99	270.90																		
31			020P5.56	7.00	78.75						4.50	239.99	270.90																		
32			020P5.56	7.00	78.75						4.50	239.99	270.90																		
33			021P5.56	8.00	90.00						8.50	1319.94	309.60																		
34	022P5.56	8.00	90.00						8.50	1319.94	309.60																				
35	023P5.56	8.00	90.00						2.75	802.44	309.60																				
				Utiles de Escritorio, Cinta de impresora, hojas						Ingeniero						Instrumentos		Consumo eléctrico		Ingeniero , Inspector de Calidad		Insumos : Lubricantes, grasa, trapos industriales etc		Instrumentos y Herramientas de trabajo		Consumo eléctrico		Depreciación de Maquinarias		Empleados de Logística (Almacén), Transporte	

N/O	MAQUINA	ITEM	PLANO	COSTO DE DISEÑO						COSTO DE FABRICACION DE UTILAJES								
				COSTO DIRECTO			GASTOS DE FABRICACIÓN			COSTO DIRECTO			GASTOS DE FABRICACIÓN				GASTOS ADMINISTRATIVOS	
				M.O. D.	M.P.D	Costo	M.O.I.	M.P.I	OTROS GASTOS	M.O. D.	M.P.D	Costo	M.O.I.	M.P.I	OTROS GASTOS			
				tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	
45	LACH.	UTIL.	001P5.56	10.00	112.50	Utiles de Escritorio, Cinta de impresora, hojas	Ingeniero , Inspector de Calidad sobre simbologia	Instrumentos	Consumo eléctrico	13.75	455.63	387.00	Ingeniero , Inspector de Calidad	Insumos : Lubricantes, grasa, trapos industriales etc	Instrumentos y Herramientas de trabajo	Consumo eléctrico	Depreciación de Maquinarias	Empleados de Logística (Almacén), Transporte
46	22125		002P5.56	8.00	90.00					5.50	1552.50	309.60						
49	PB7A	UTIL.	001P5.56	12.00	135.00					6.65	295.88	464.40						
50	PB8C	UTILAJES	001P5.56	8.00	90.00					7.50	315.00	309.60						
51			002P5.56	10.00	112.50					5.00	258.75	387.00						
52			003P5.56	12.00	135.00					5.00	258.75	464.40						
53			004P5.56	8.00	90.00					2.50	194.99	309.60						
54			005P5.56	9.00	101.25					3.50	217.49	348.30						
55			006P5.56	8.00	90.00					3.75	223.11	309.60						
56			007P5.56	8.00	90.00					5.00	258.75	309.60						
57			008P5.56	9.00	101.25					8.50	329.99	348.30						
58			009P5.56	8.00	90.00					5.50	262.49	309.60						
59			010P5.56	7.00	78.75					2.75	200.61	270.90						
68	PB31/8	UTILAJES	001P5.56	12.00	135.00					4.50	247.50	464.40						
69			002P5.56	8.00	90.00					3.25	211.86	309.60						
70			003P5.56	8.00	90.00					2.75	401.22	309.60						
71			004P5.56	9.00	101.25					8.08	324.23	348.30						
72			005P5.56	12.00	135.00					6.00	281.25	464.40						
73			006P5.56	7.00	78.75					3.50	225.00	270.90						
74			007P5.56	7.50	84.38					3.50	217.49	290.25						
75			008P5.56	7.00	78.75					1.25	166.86	270.90						
76			009P5.56	8.00	90.00					8.00	318.74	309.60						
77			010P5.56	12.00	135.00					4.50	247.50	464.40						
78			011P5.56	12.00	135.00	6.00	281.25	464.40										
79			012P5.56	7.50	84.38	3.50	217.49	290.25										
80			013P5.56	6.00	67.50	1.50	172.49	232.20										
81			014P5.56	8.00	90.00	8.00	318.74	309.60										
82			015P5.56	12.00	135.00	4.50	247.50	464.40										
83			016P5.56	12.00	135.00	6.00	281.25	464.40										
84			017P5.56	7.00	78.75	3.50	450.00	270.90										
85	018P5.56	12.00	135.00	4.50	247.50	464.40												
86	019P5.56	8.00	90.00	3.25	423.72	309.60												
87	020P5.56	12.00	135.00	6.00	281.25	464.40												
88	021P5.56	7.00	78.75	2.75	200.61	270.90												
89	022P5.56	12.00	135.00	5.00	258.75	464.40												
90	023P5.56	8.00	90.00	5.00	1004.94	309.60												
91	024P5.56	12.00	135.00	6.00	281.25	464.40												
92	025P5.56	10.00	112.50	5.00	258.75	387.00												
93	026P5.56	10.00	112.50	5.00	258.75	387.00												

N/O	MAQUINA	ITEM	PLANO	COSTO DE DISEÑO					COSTO DE FABRICACIÓN DE UTILAJES											
				COSTO DIRECTO		GASTOS DE			COSTO DIRECTO			GASTOS DE FABRICACION					GASTOS ADMINISTRATIVOS			
				M.O. D.	M.P.D	M.O.I.	M.P.I	OTROS GASTOS	M.O. D.	M.P.D	M.O.I.	M.P.I		OTROS GASTOS						
				tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo			
94	PB31/8	UTILAJES	027P5.56	7.50	84.38	Utiles de Escritorio, hojas					2.75	200.61	290.25	Ingeniero, Inspector de Calidad						
95			028P5.56	10.00	112.50						5.00	258.75	387.00							
96			029P5.56	10.00	112.50						4.50	247.50	387.00							
97			030P5.56	7.50	84.38						2.75	200.61	290.25							
98			031P5.56	10.00	112.50						4.00	236.25	387.00							
99			032P5.56	10.00	112.50						5.00	258.75	387.00							
100			033P5.56	12.00	135.00						6.00	281.25	464.40							
101			034P5.56	7.00	78.75						3.50	450.00	270.90							
102			035P5.56	6.50	73.13						3.50	217.49	251.55							
103			035AP5.56	7.00	78.75						2.50	191.25	270.90							
104			035BP5.56	8.00	90.00						7.00	296.24	309.60							
105			035CP5.56	7.00	78.75						2.75	200.61	270.90							
106			036P5.56	10.00	112.50						5.00	258.75	387.00							
107			037P5.56	10.00	112.50						6.00	273.74	387.00							
108			038P5.56	8.00	90.00						3.25	211.86	309.60							
109	039P5.56	8.00	90.00	8.50	1327.50	309.60														
110	040P5.56	8.00	90.00	8.50	1319.94	309.60														
111	041P5.56	7.00	78.75	2.75	200.61	270.90														
112	042P5.56	8.00	90.00	8.50	331.88	309.60														
113	043P5.56	8.00	90.00	8.50	329.99	309.60														
124	PB12A	UTILAJES	001P5.56	14.00	157.50	Ingeniero					13.90	453.38	541.80	Ingeniero, Inspector de Calidad	Insumos : Lubricantes, grasa etc					
125			002P5.56	12.00	135.00						7.25	303.75	464.40							
126			003P5.56	12.00	135.00						10.75	382.50	464.40							
127			004P5.56	8.00	90.00						5.00	258.75	309.60							
128			005P5.56	7.00	78.75						4.00	228.74	270.90							
				Horas						Horas										
Total de horas				874.0						499.3										
				Soles	Soles	Soles	Soles	Soles		Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	
				9,832.50	3,000.0	14,400.0	1,380.0	1,200.0		40,205.8	31,195.9	9,600.0	1,290.00	12,750.0	2,274.9	3,230.0	3,200.0			

Total de soles
Total en dolares

133,559.0
38,159.7

COSTO DE DISEÑO Y FABRICACION DE UTILAJES : U.S. DOLARES 38,159.70

COSTOS DE FABRICACIÓN DE BALA CALIBRE 5,56X45mm.

LOTE DE PRUEBA : 50000 UNIDADES

N/O	MAQUINA	COSTO DIRECTO			GASTOS DE FABRICACIÓN					GASTOS ADMINISTRATIVOS
		M.O. D.		M.P.D	M.O.I.	M.P.I		OTROS GASTOS		
		tiempo (horas)	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	
1	PBOA	3.10	23.25	Material Tombago 90/10 y Plomo 3%Sb	Ingeniero , Inspector de Calidad	Insumos : Lubricantes, grasa, trapos industriales e	Instrumentos y Herramientas de trabajo	Consumo electrico	Depreciación de las maquinas	Empleados de Logística (Almacén), Transporte
2	PB1B	12.40	93.01							
3	HORNO	0.44	3.30							
4	LACH. 22125	0.55	4.13							
5	LACH. 22127	0.55	4.13							
6	PB7A	6.25	46.88							
7	PB8C	6.99	52.43							
8	PB31/8	17.36	130.21							
9	PB12A	9.47	71.02							
10	HORNOS ROTATIVOS-BALA	3.09	23.20							
11	LAVADORAS-BALA	6.38	47.81							
12	PULIDO-BALA	7.90	59.28							

	Horas
Total de horas	74.48

Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles	Soles
558.64	1257.87	960	950	14145	227.1	1690.50		480

Total en soles	20269.11
Total en dolares	5791.17

COSTO DE FABRICACIÓN DE BALA CALIBRE 5.56 X 45 mm:
U.S. DOLARES 5791.17

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con los conocimientos teóricos y prácticos y empleando la maquinaria de fabricación antigua de bala calibre 7.62 x 51mm; nos a permitido realizar la conversión del calibre 7.62 a calibre 5.56 x 45mm. También éste trabajo es ejemplo de aplicación para futuros trabajos referidos a la adaptación y modificación de matricería para maquinaria que participan en los procesos de embutido.
- Mediante estos procedimientos se a logrado obtener ahorros frente a la importación de maquinaria nueva que es US \$ 5'751,249.03.
- Para hallar los parámetros requeridos para el diseño de la Bala, la técnica mas recomendada es el Método de Retroceso.
- Es importante tomar en cuenta el margen de error que existe entre lo que se diseña en base a las Especificaciones Técnicas, utilizando el método del retroceso con el producto real (fabricado). Estos deberán ser alimentados a

producto real (fabricado). Estos deberán ser alimentados a una base de datos para realizar una estadística y sacar un rango promedio en porcentaje, el cual deberá ser aplicado en futuras investigaciones sobre fabricación de pequeño calibre en las máquinas del Área de Producción de la FAME.

- Se ha proyectado que la producción de balas calibre 5,56 mm en la FAME, durante 8 horas diarias de trabajo, en 20 días, es 576,000 unidades. Entonces podemos decir que en aproximadamente 6 meses a doble turno podría abastecerse 6 millones de balas, que serían suficientes para ensamblarse a los casquillos que se producirían en la FAME en un año productivo.
- Se concluye que el presente estudio justifica la viabilidad económica y técnicamente del proyecto de la Tesis para la Fabricación de las Balas Calibre 5.56x45mm.

Técnicamente, porque la FAME cuenta con la maquinaria e infraestructura necesaria para realizar la Fabricación de la Bala de pequeño calibre y como consecuencia las maquinas son versátiles porque tienen la capacidad de procesar mas de un calibre.

- Es importante ejecutar el Proyecto considerando también la fabricación del Casquillo para así lograr la Seguridad Nacional en abastecimiento de munición.

Recomendaciones

- Este proyecto se basa en la realización de una prueba piloto en la cual se pone en operación los utilajes que fueron diseñados en base a cálculos matemáticos. Por lo tanto, es importante verificar el peso del producto, las medidas de longitudes importantes del producto y realizar una estadística para ver el comportamiento del material en cada proceso. Esto es básico para ir ajustando las medidas obtenidas para el diseño de los utilajes.
- Después de pasar con éxito los controles; se puede obtener la aprobación para la Producción Comercial.
- Para estar aptos de empezar la fase de producción comercial es recomendable que se obtenga en la producción piloto, balas con un margen de error menor al 5%, satisfaciendo los controles de aprobación balística.
- Se recomienda Capacitación del personal para la mejora tecnológica , en la etapa de producción comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- La Cartuchería de
Las Armas Ligeras
Edita : Ministerio de Defensa
Secretaria General técnica - España.....Ángel Molina López
- Tratado de Cartucheria
Edita: Merino AG – Mayor 45
Palencia - EspañaFrancisco Lanza
- Cálculo Matemático IIIVenero
- Condiciones técnicas del
Cartucho Cal.5.56x45mm
ultima edición
Edita: Fabrica Manurhin
Francia..... Manurhin
- Manual de Aceros Especiales
Bohler
Edita : Aceros del Perú S. A. C..... Bohler
- Procesos de Manufactura Editorial /
• production supervisión : Racia Maes..... Groover
- Contabilidad de Costos.....Crl EP Jorge Días Mosto.
Ing. Mecánico Metalurgista

ANEXOS

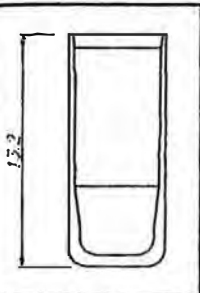
FORMATO

**METROLOGÍA
DE PROCESOS**

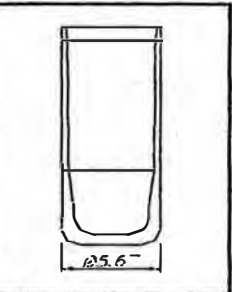
FORMATO DE CONTROL DE LA COPITA ESTIRADA

	Calibre	Máquina	Lote	fecha	Operario
	5.56x45mm	PB1B			
Tiempo					
Muestras	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6

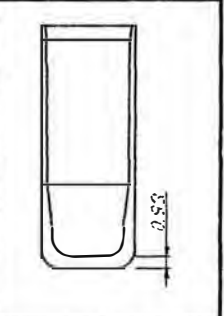
Copita Estirada Altura (Verificador)

	Pasa																								
	No pasa																								

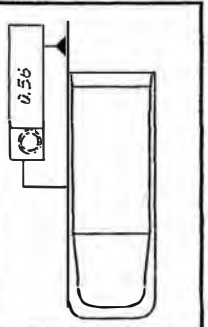
Copita Estirada Diametro Exterior (Calibrador)

	5.70																								
	5.69																								
	5.68																								
	5.67																								
	5.66																								
	5.65																								
	5.64																								
	5.63																								
	5.62																								

Copita Estirada Espesor de fondo (Micrometro de punta)

	1.00																								
	0.99																								
	0.98																								
	0.97																								
	0.96																								
	0.95																								
	0.94																								
	0.93																								
	0.92																								
	0.91																								

Copita Estirada Espesor de paredes (Reloj de punta)

	0.74																								
	0.71																								
	0.68																								
	0.65																								
	0.62																								
	0.59																								
	0.56																								
	0.53																								
	0.50																								
	0.47																								

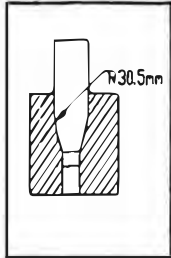
VoBo

Jefe de Control de Calidad

FORMATO DE CONTROL DEL NUCLEO PLOMO

	Calibre 5.56x45mm	Máquina PB8C	Lote	fecha	Operario
Tiempo					
Muestras	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

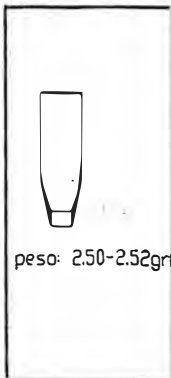
Núcleo de Plomo Forma (Verificador)



Pasa

No pasa

Núcleo de Plomo Peso (Balanza)

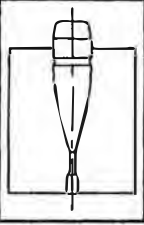
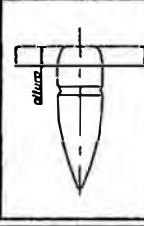
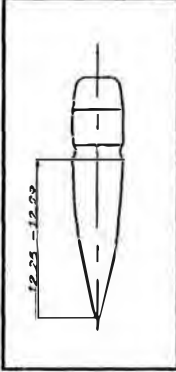


2.55
2.54
2.53
2.52
2.51
2.50
2.49
2.48
2.47

VoBo

Jefe de Control de Calidad

FORMATO DE CONTROL DE BALA

		Calibre						Máquina						Lote						fecha						Operario											
		5.56x45mm						PB31/8																													
Tiempo																																					
Muestras		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bala forma de ojiva (Verificador)																																					
	Pasa																																				
	No pasa																																				
Bala conicidad de cierre (Verificador)																																					
	Pasa																																				
	No pasa																																				
Bala Longitud de punta (Calibrador)																																					
	12.34																																				
	12.33																																				
	12.32																																				
	12.31																																				
	12.30																																				
	12.29																																				
	12.28																																				
	12.27																																				
	12.26																																				
	12.25																																				
	12.24																																				
	12.23																																				
	12.22																																				
	12.21																																				
	12.20																																				
	12.19																																				
	12.18																																				
	12.17																																				
	12.16																																				
	12.15																																				
12.14																																					
12.13																																					
12.12																																					
12.11																																					
12.10																																					
12.09																																					
12.08																																					
12.07																																					

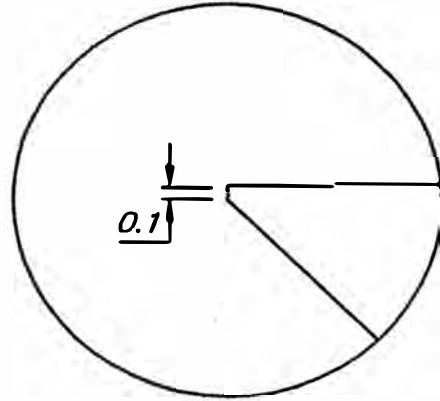
VoBo

Jefe de Control de Calidad

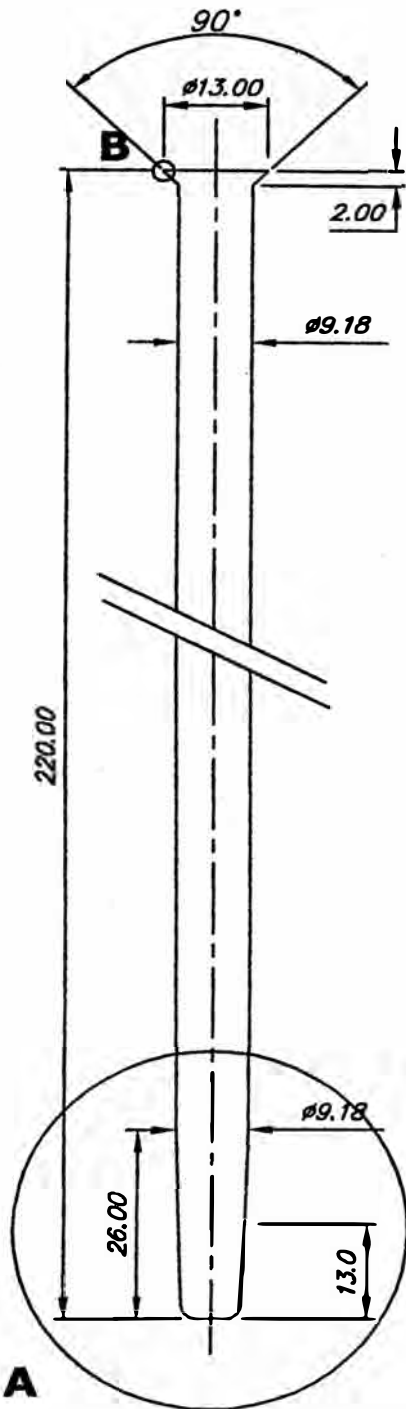
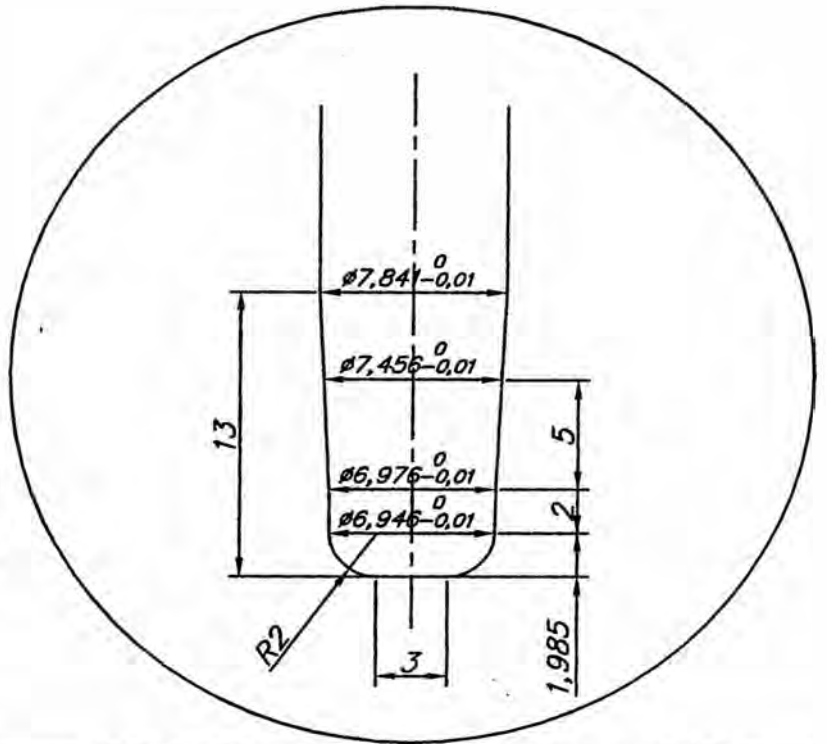
PLANOS DE UTILAJES

PBOA

DETALLE B
ESCALA 20:1



DETALLE A
ESCALA 3:1

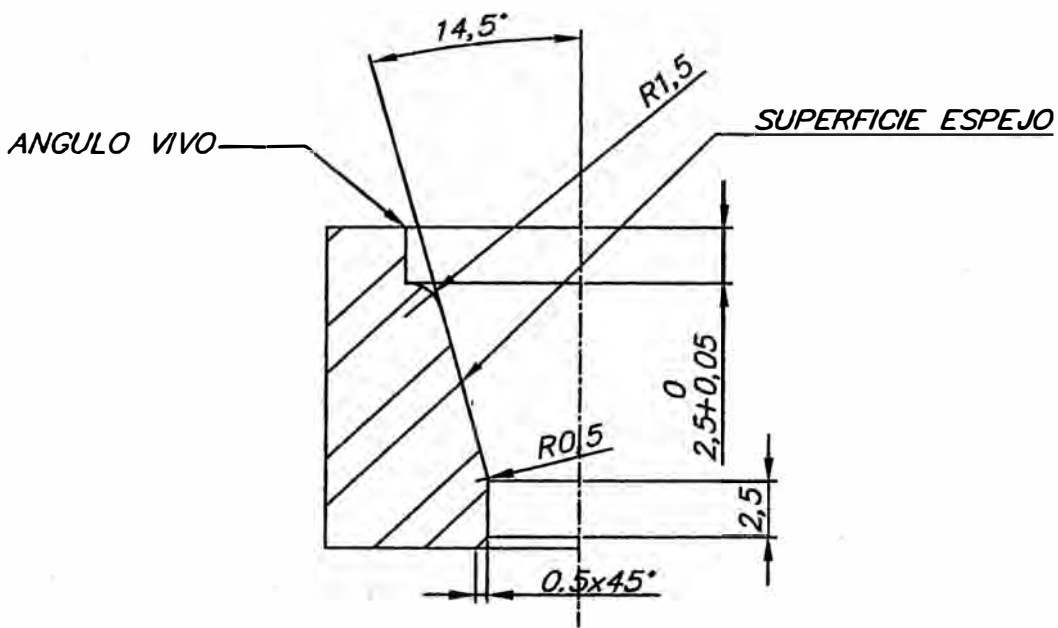
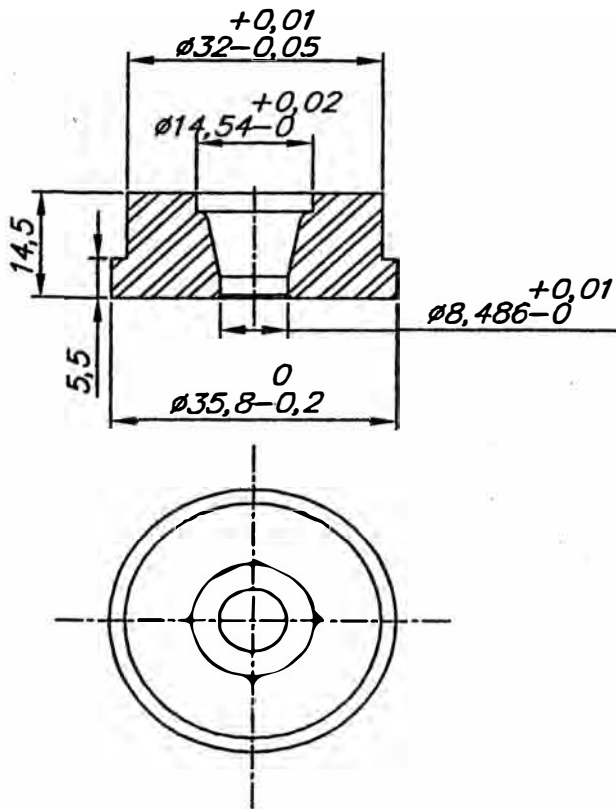


MATERIAL :	AMUTIT $\phi 16 \times 230$	FAME 2004	NOMBRE	FECHA	ESCALA	CALIBRE
DUREZA :	59 - 63	DISEÑADO	Bach. Llanto Raúl	05-03-04	1:1	5.56x45mm
TEMPLE :					MAQUINA	
REVENIDO :					PBOA	
CANTIDAD :	04	MAQUINADO	$\nabla \nabla$	$\nabla \nabla \nabla$		

TITULO

PUNZON DE EMBUTIDO

NUMERO DE PLANO
001P5.56



DETALLE ESCALA 3:1



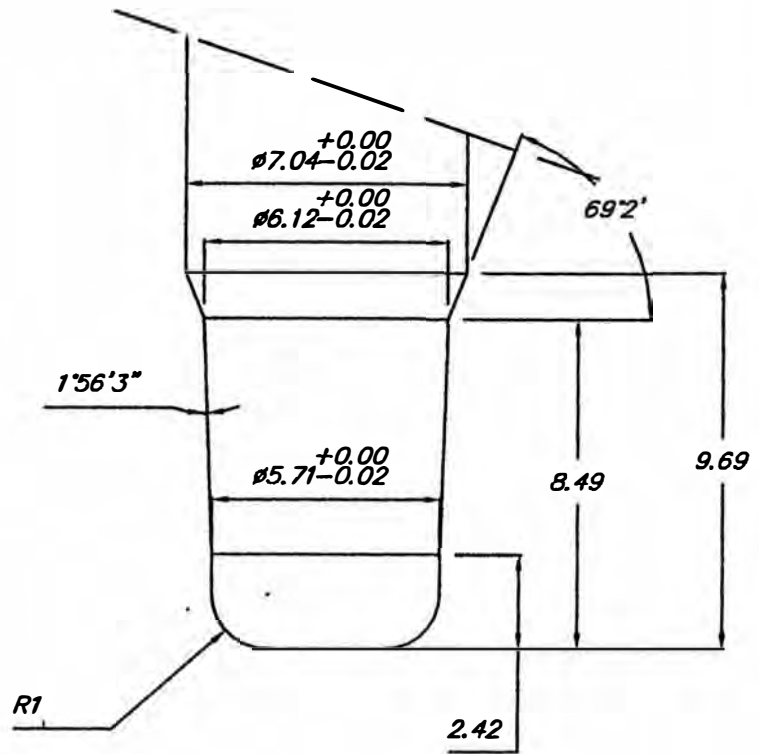
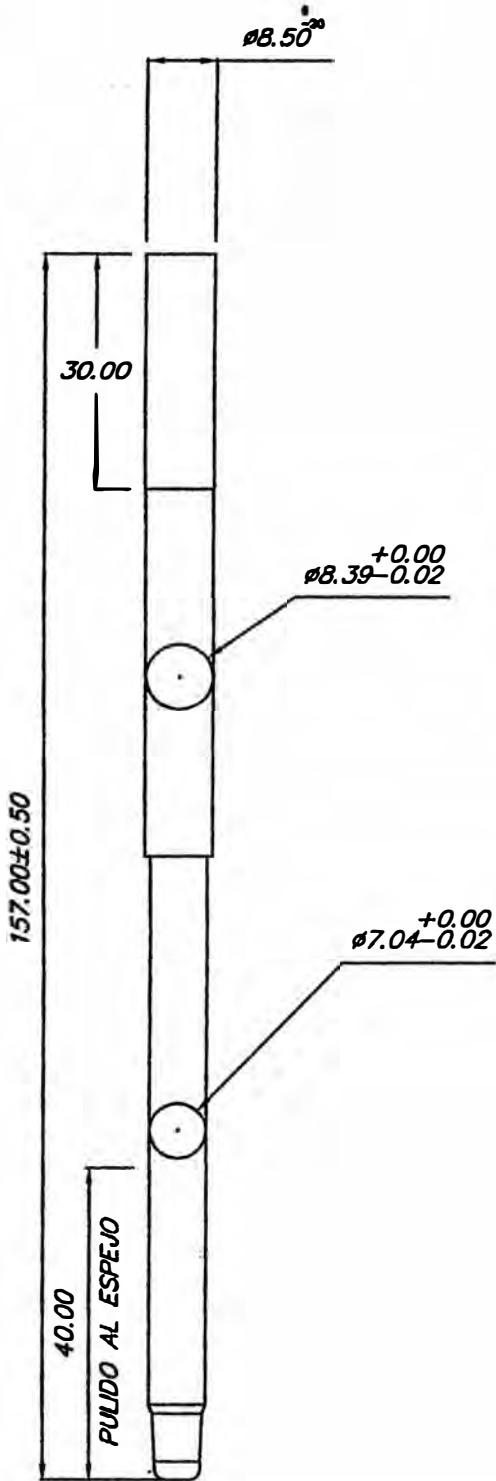
MATERIAL :	ACERO 100CB	FAME 2004	NOMBRE	FECHA	ESCALA	CALIBRE
DUREZA :	C: 58 - 63	DISEÑADO	Bach. Reategui .D	06-03-04	1:2	5.56x45mm
TEMPLE :	a4				MAQUINA	
REVENIDO :	a4				PBOA	
CANTIDAD :	04	MAQUINADO	▽▽	▽▽▽		

TITULO

MATRIZ DE CORTE

NUMERO DE PLANO
004P5.56

PB1B



5:1

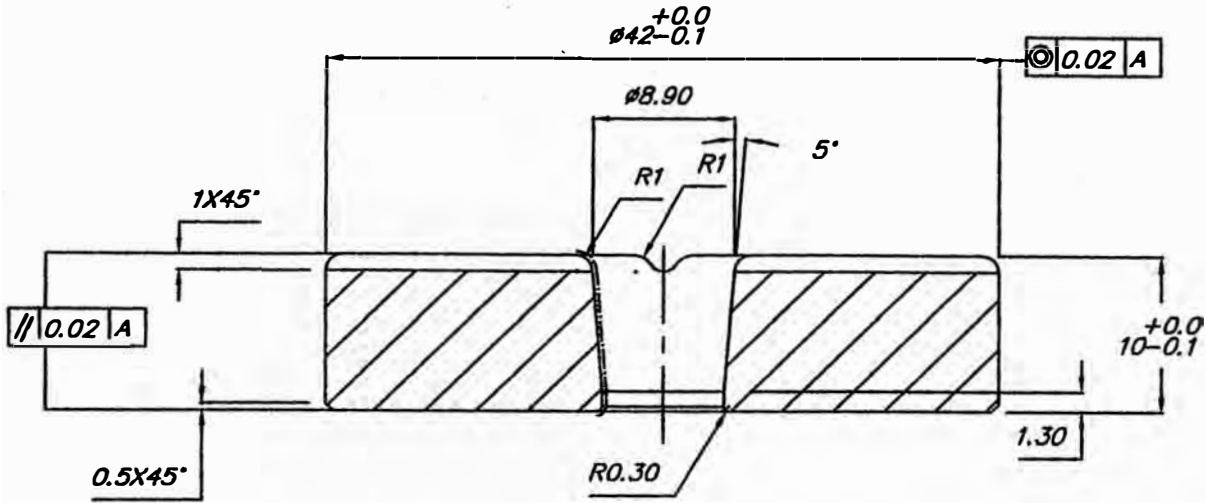


MATERIAL : T35	FAME 2004	NOMBRE	FECHA	ESCALA	CALIBRE
DUREZA : 58 - 60 (ROCKWELL)	DISEÑADO	Bach. Reategui D.	14-07-04	1:1	5.56x45mm
TEMPLE : ACEITE				MAQUINA	
REVENIDO : a7a				PB1B	
CANTIDAD : 01	MAQUINADO	▽▽▽▽		NUMERO DE PLANO	

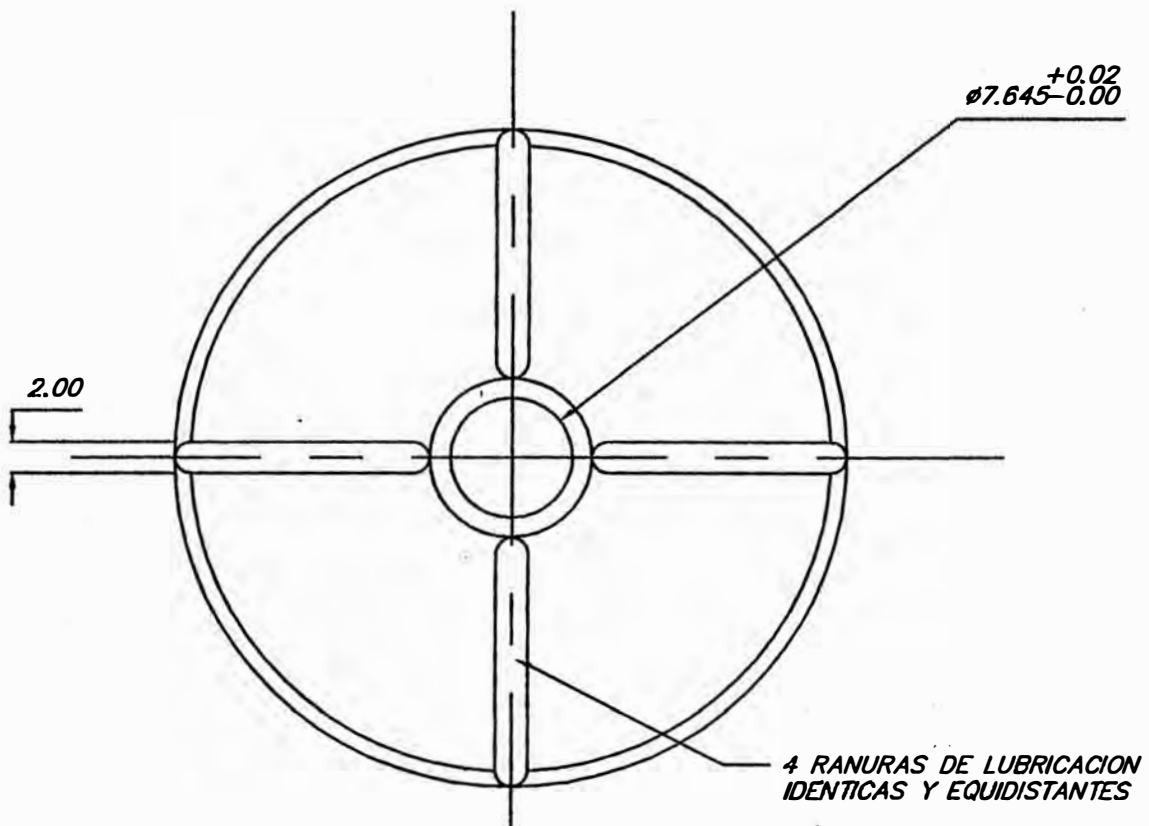
TITULO

PUNZON DE 1ER ESTIRADO

001P5.56



PULIDO AL ESPEJO



MATERIAL : XC125
 DUREZA : 59 - 63 R
 TEMPLE : a2Jet
 EVENIDO : a2Jet
 CANTIDAD : 01

EAME 2004 NOMBRE FECHA ESCALA CALIBRE
 DISEÑADO Bach. Reategui D. 13-07-0 2:1 .56x45mm

MAQUINADO MAQUINA
 PB1B

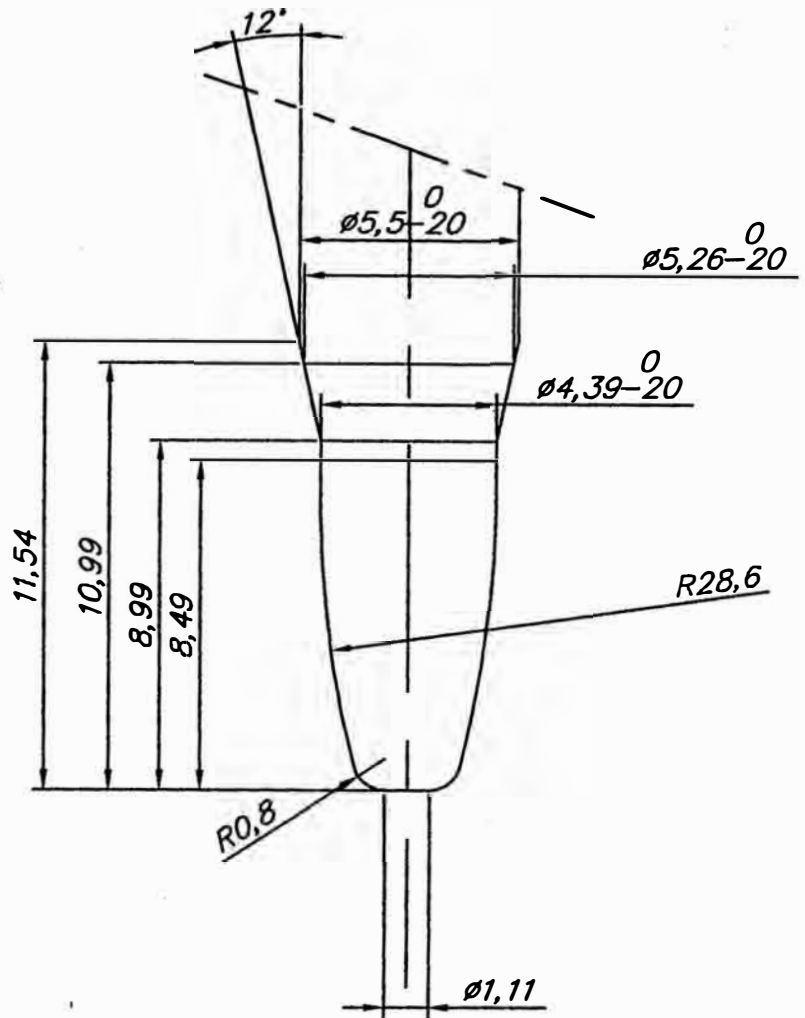
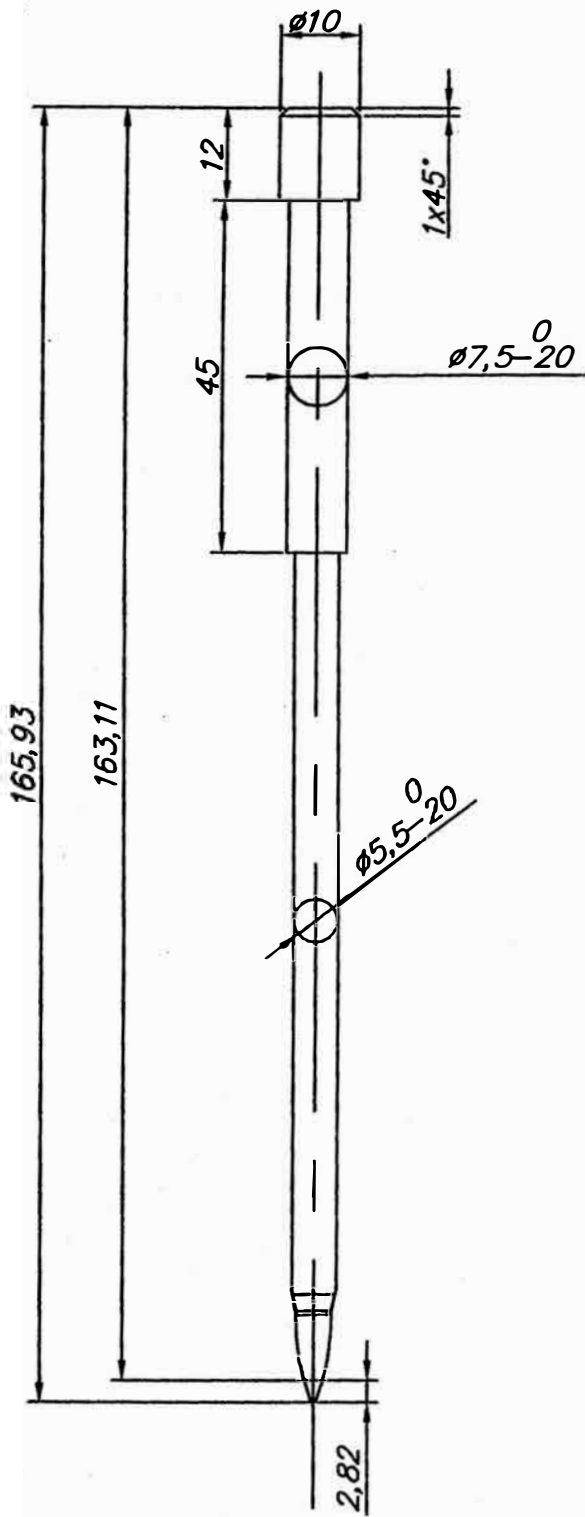
NUMERO DE PLANO
 003P5.56



TITULO

MATRIZ SUPERIOR

PB 31/8



5:1



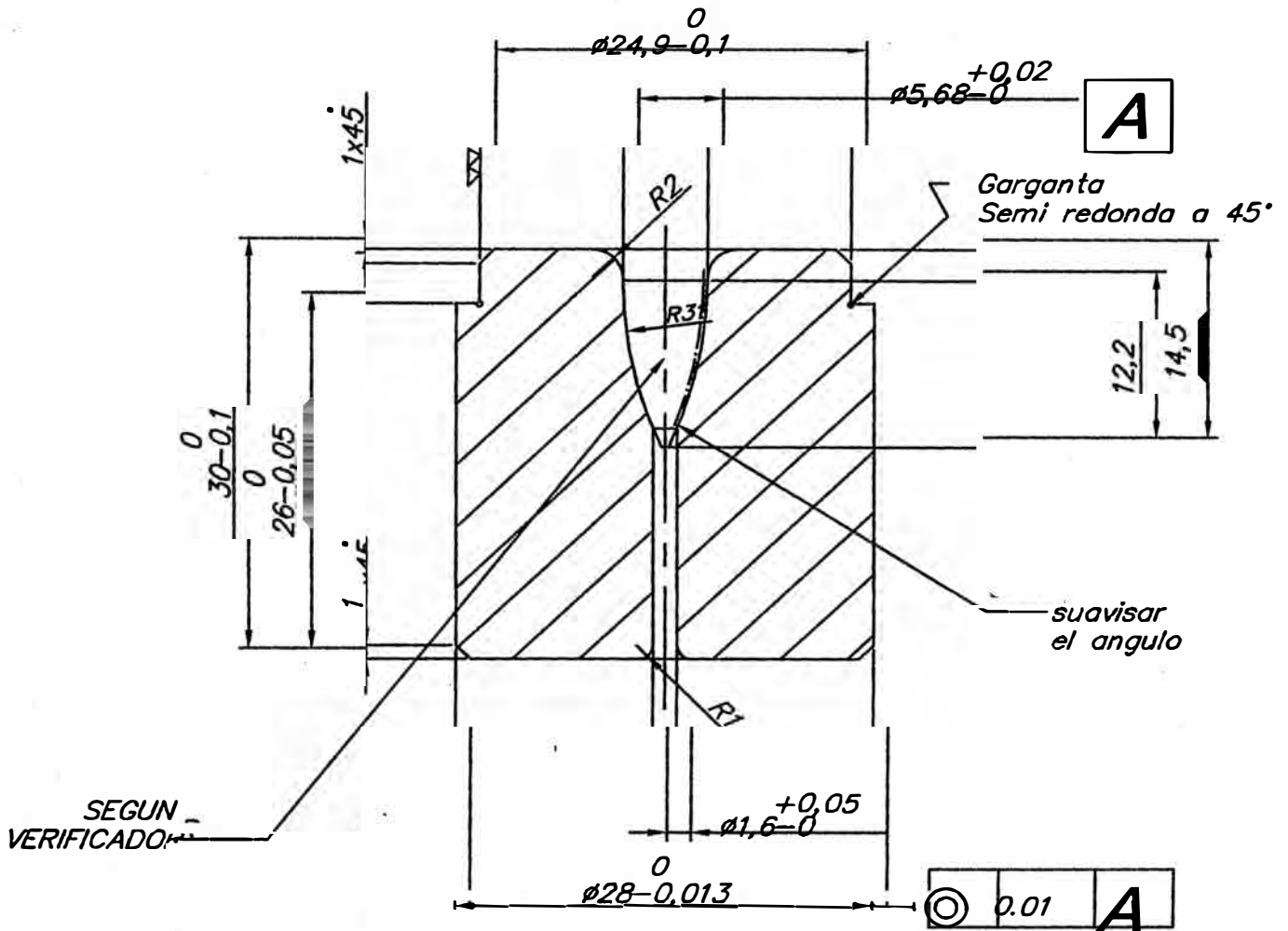
MATERIAL : T35
 DUREZA : 58 - 60
 TEMPLE :
 REVENIDO : a7a
 CANTIDAD : 01

EAME 2004 NOMBRE FECHA ESCALA CALIBRE
 DISEÑADO Bach. Reategui Silva 30-07-04 1:1 5.56x45mm

MAQUINADO ∇ ∇ MAQUINA
 PB31/8
 NUMERO DE PLANO
 001P5.56

TITULO

Punzon 1er Ojivado



PULIDO AL ESPEJO



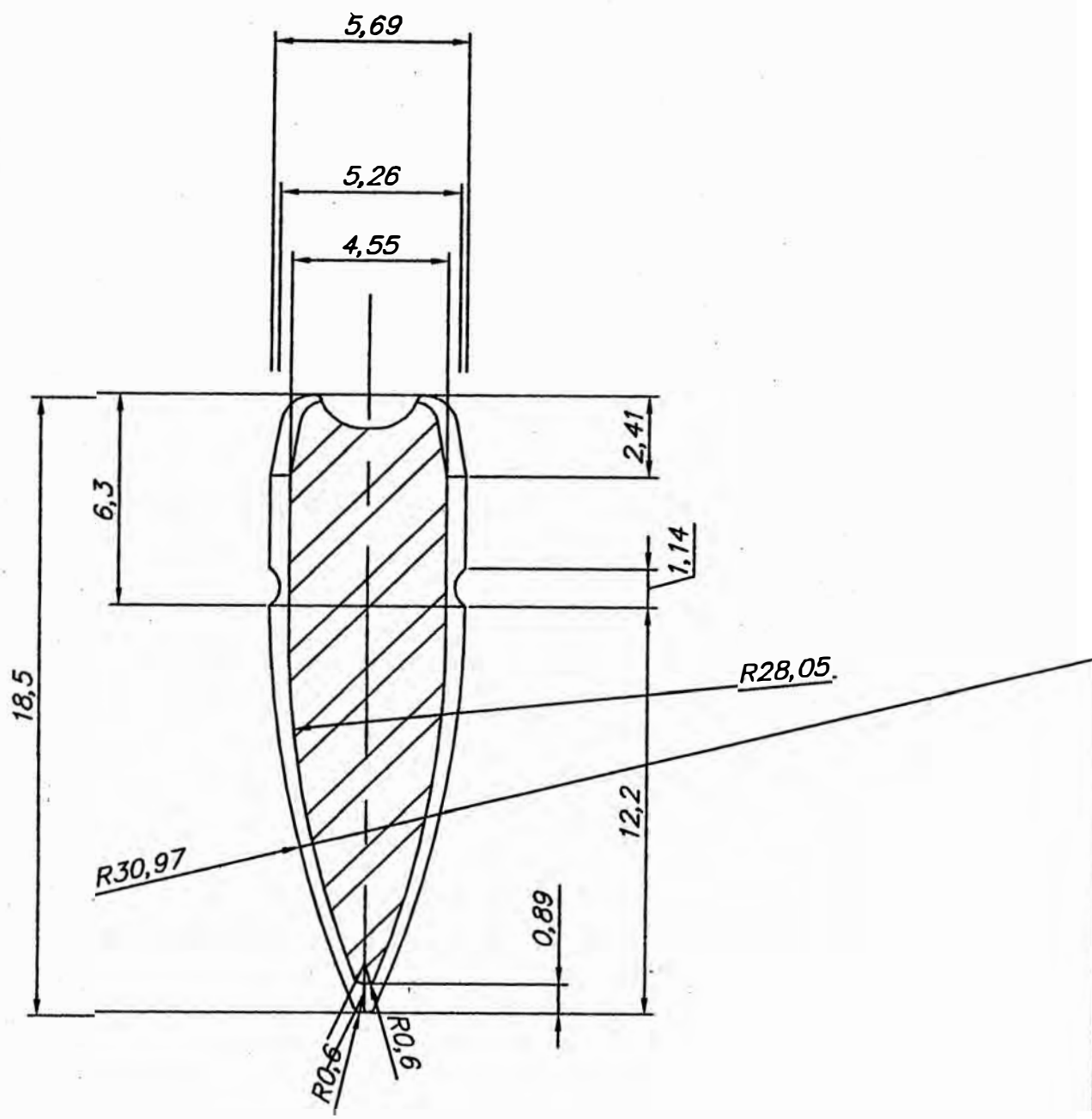
MATERIAL : XC125	FAME 2004	NOMBRE	FECHA	ESCALA	CALIBRE
DUREZA : 59 - 63	DISEÑADO	Bach. Rostegui Silva	25-07-04	2:1	5.56x45mm
TEMPLE : AGUA				MAQUINA	
REVENIDO : a2Jet				PB31/8	
CANTIDAD : 01	MAQUINADO	▽▽	▽▽▽	NUMERO DE PLANO	

TITULO

Matriz de 1er Ojivado

005P5.56

**BALA
AERODINÁMICA
CALIBRE
5,56X45 mm.**



MATERIAL	EAME 2003	NOMBRE	FECHA	ESCALA	CALIBRE
DUREZA :		DISEÑADO	Bach. Reategui Silva 17-02-03	5:1	5.56x45mm
TEMPLE :		REVISADO	Ing. Quispe Mario		
REVENIDO		APROBADO			MAQUINA
CANTIDAD :	01	MAQUINADO			

TITULO

Bala Cal. 5.56x45mm

NUMERO DE PLANO
006P5.56

**PRODUCTOS
MANUFACTURADOS**

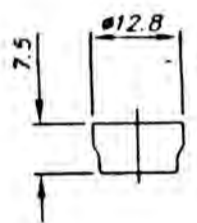
**LÍNEA DE PROCESO
CARTUCHO
CALIBRE
5,56X45 mm.**

Procedimientos para la obtención de casquillo

DIAMETRO DE LA BARRA 11.2 ± 0.02

MATERIA: LATON

PESO: 7.05 ± 0.10 g



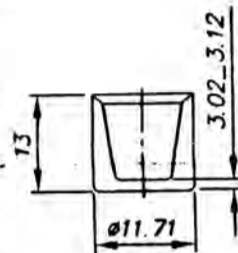
PKE 10/H

PD 15E DESENGRASE

DG- S/250 LAVADO

RP45/16/75 RECOCIDO TOTAL

D 250_4/7R DECAPADO



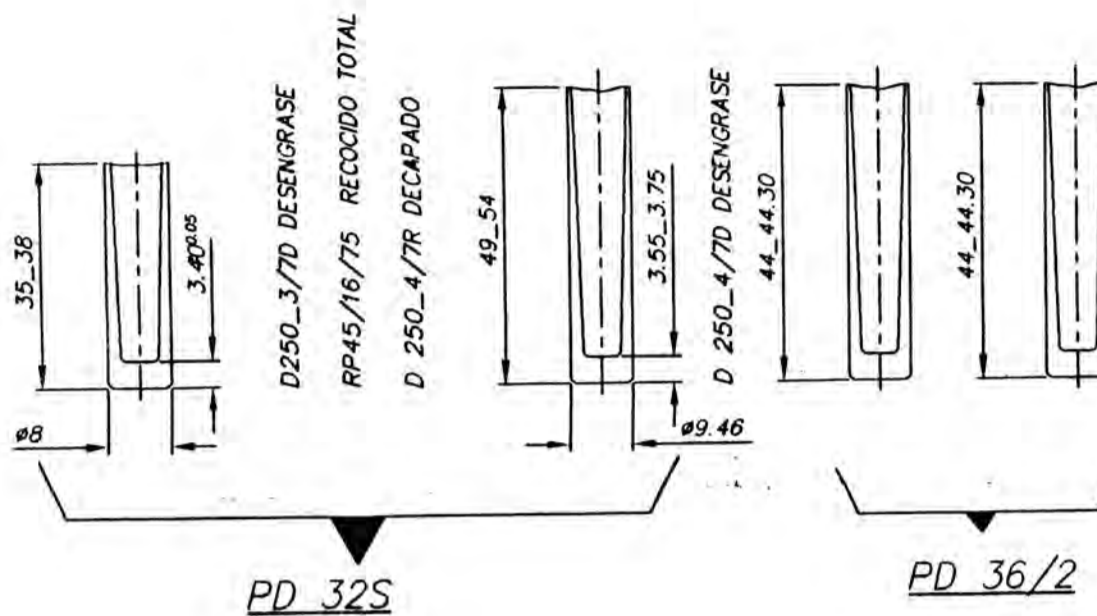
PKZ 1/H

NUCLEO DE PLOMO

DESENGRASE

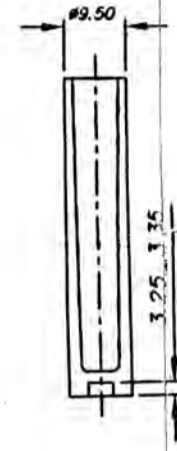
RECOCIDO TOTAL

DECAPADO



PD 32S

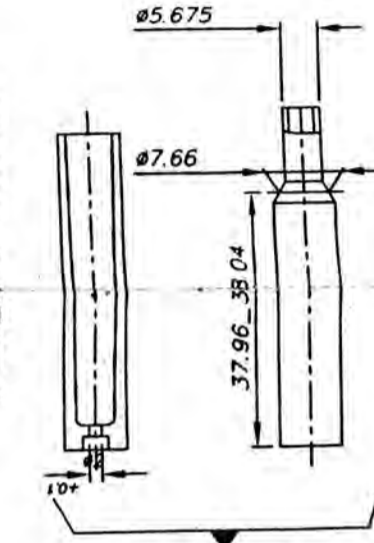
PD 36/2



PD 44

PD 26 B/R RECOCIDO PARCIAL

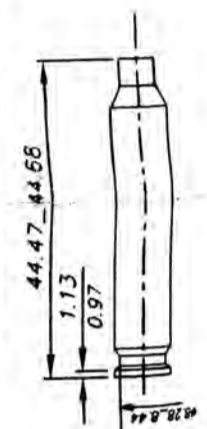
D 250_3/7D DECAPADO



PD 32/4

D 250_4/7D DESENGRASE

PD 15 E ABRILLANTADO

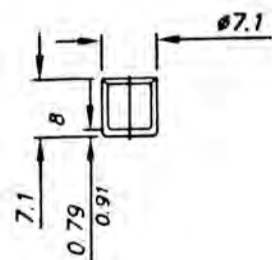


PD 42

Procedimientos para la obtención de bala

MATERIA: TUMBAGA

PESO: 1.35 ± 0.05 g

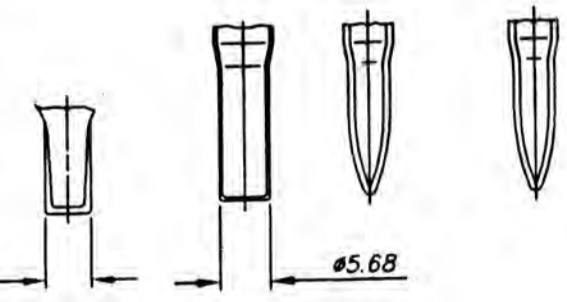


PG/S

DESENGRASE

RECOCIDO TOTAL

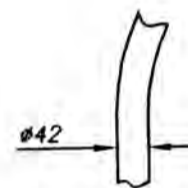
DECAPADO



ANTIM: 1.5 ± 0.05 %

PESO: 2.50 ± 0.05 g

PESO: 2.50 ± 0.05 g



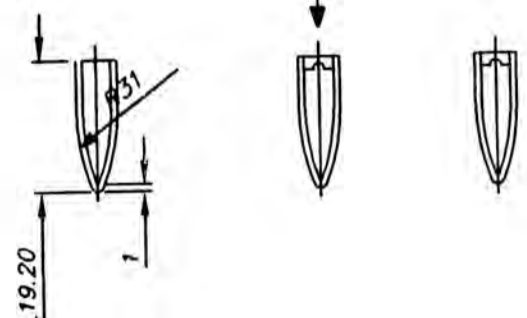
CALIBRADO DEL ALAMBRE DE PLOMO

PB 7B

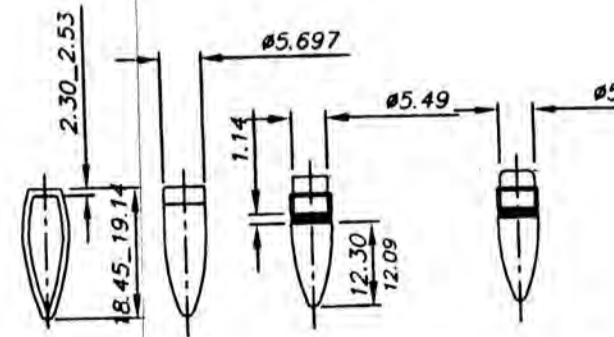
PB 8C

ABRILLANTADO

PD 15.E



PB 31/14



PD 15E ABRILLANTADO

PB 30A CONTROL DE DIMENSIONES

PB 11S PESO

INSPECCION VISUAL

LOTE

RECEPCION

	FECHA:	00-00-2001	NOMBRE:	DID	FECHA DISEÑO	09-06-86	
	DIBUJADO Y REVISADO				ESCALA	S.E.	CALIBRE
TITULO: PRODUCTOS MANUFACTURADOS EN LA LINEA DE PROCESO CARTUCHO CAL.5.56X45mm							