

T  
671.34  
P348  
c.2

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

" SOLUCION DEL PROBLEMA DE EXTRUSION DE ENVASES EN LA  
FABRICACION DE PILAS"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de :

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

JOSE PAZMIÑO HIDALGO

GUAYAQUIL - ECUADOR

## A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. IGNACIO WIESNER F.  
Director de Informe Técnico,  
por su valiosa y desinteresada ayuda en la  
elaboración del presente  
Informe Técnico.

Al COLEGIO DE INGENIEROS  
MECANICOS DEL GUAYAS, por  
su invalorable colaboración.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

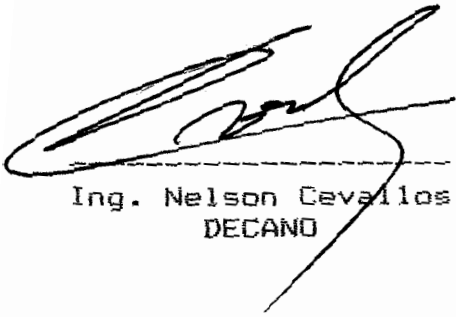
## DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

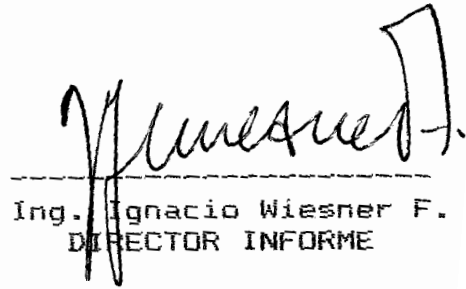
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pazmiño", is written over a large, stylized circular scribble. The signature is positioned above a horizontal dashed line.

José Eurípides Pazmiño Hidalgo



Ing. Nelson Cavallos  
DECANO



Ing. Ignacio Wiesner F.  
DIRECTOR INFORME



Ing. Homero Ortiz  
MIEMBRO TRIBUNAL

## RESUMEN

El éxito de toda empresa está basado en la consecución de sus objetivos preestablecidos, esto es, lograr alta producción de buena calidad y a bajo costo. Para lograr tales propósitos se requiere del conocimiento y aplicación de los principios de una administración eficiente y eficaz de los recursos con que cuenta la empresa.

En un esfuerzo por mantener estos objetivos en la empresa donde se fabrican pilas secas, y ante la incidencia de fallas de los punzones que se usan en el proceso de extrusión por impacto para elaborar los envases de zinc, y sumado a esto los problemas de construir localmente éstas piezas, se decidió que en la misma planta se construyeran dichos punzones, con la finalidad de minimizar los tiempos perdidos por paradas de las máquinas.

El objeto del presente informe es describir en forma general el proceso de elaboración de envases por medio de extrusión por impacto, la construcción de los punzones y el tratamiento térmico adecuado para los mismos.

Los resultados obtenidos a lo largo de seis meses de evaluación, han demostrado una superioridad de los punzones contruidos en la misma planta respecto a los anteriores, y adicionalmente se han registrado incrementos del 12.5% en la eficiencia de las máquinas de extrusión y del 3.26% en la eficiencia total de la planta.

## INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

1.- ANTECEDENTES

1.1. Descripción de Equipos Utilizados

1.2. Descripción del Proceso de la Extrusión de los  
Envases

2.- DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1.- Incidencia del Proceso de Extrusión en la Pro-  
ducción

2.2.- Por Desgaste Normal

2.3.- Por Roturas del Punzón

2.4.- Por Fallas Generales de las Máquinas

3.- ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1.- Importación de las Herramientas

3.2.- Construcción de las Herramientas Localmente

3.3.- Construcción de las Herramientas en la Planta

4.- SOLUCION PROPUESTA

4.1.- Construcción de las Herramientas en Planta

4.2.- Reconstrucción de un Horno Eléctrico para Tra-  
tamiento Térmico.

4.3.- Tratamiento Térmico y Rectificado

5.- RESULTADOS

5.1.- Aumento de Productividad

5.2.- Durabilidad

5.3.- Ahorros Conseguidos

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



## INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.- Secciones de las plantas donde se elaboran las partes que sirven para construir las pilas secas
- Fig. 2.- Equipos utilizados en la sección donde se realiza la extrusión de envases.
- Fig. 3.- Horno de inducción.
- Fig. 4.- Moldes de grafito.
- Fig. 5.- Diferentes tipos de pastillas.
- Fig. 6.- Tambores rotatorios.
- Fig. 7.- Prensa horizontal.
- Fig. 8.- Principio de palanca acodada.
- Fig. 9.- Mecanismo de alimentación de las pastillas.
- Fig. 10. Recortador del envase.
- Fig. 11. Envases recortados.
- Fig. 12. Equipos de medición.
- Fig. 13. Herramientas de extrusión.
- Fig. 14. Principio de la extrusión inversa.
- Fig. 15. Principio de la extrusión directa.
- Fig. 16. Proceso de extrusión de envases para la fabricación de pilas.
- Fig. 17. Mecanismo de alimentación de las pastillas.
- Fig. 18. Diferentes fases de la extrusión.
- Fig. 19. Defectos debidos a la mala colocación de las herramientas.
- Fig. 20. Defectos más corrientes en que se incurre al extruir piezas. A: matriz desnivelada, B: matriz

descentrada, C: Pastillas con grietas e irregularidades en sus bordes.

Fig. 21. Herramientas de extrusión dañadas por el punzón.

Fig. 22. Fondo de recipiente extruido que corresponde a las condiciones ideales que los mismos deben tener.

Fig. 23. Características del punzón.

Fig. 24. Horno reconstruido.

Fig. 25. Horno de cámara.

Fig. 26. Ladrillo de soporte de resistencias.

Fig. 27. Relación de medida entre dimensión de elementos y dimensiones de ranuras.

Fig. 28. Punzones preparados para ser templados.

Fig. 29. Rectificando un punzón.

## CAPITULO I

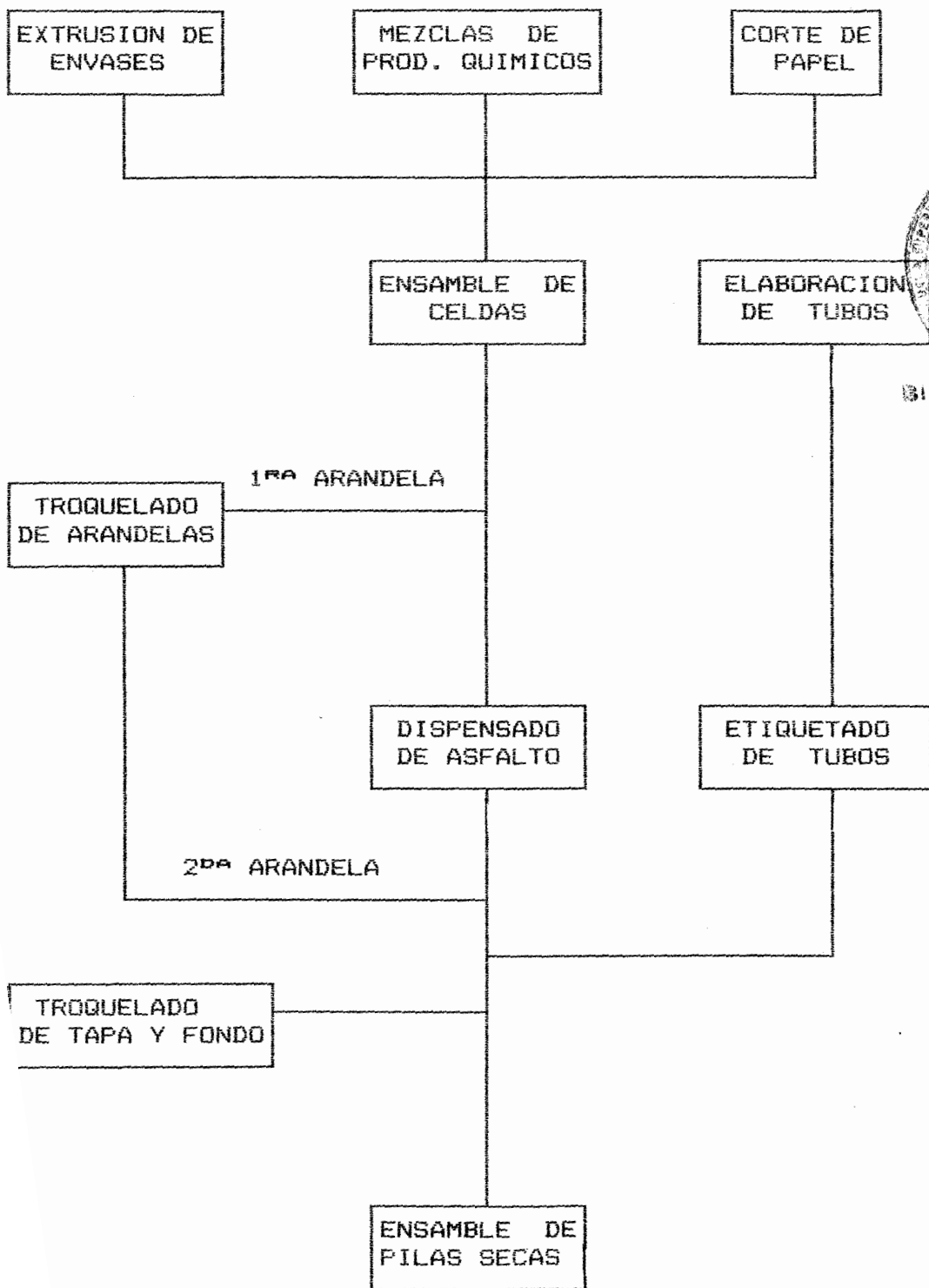
### ANTECEDENTES

#### 1.1. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

Para la fabricación de pilas secas es necesario contar con una serie de equipos que deben estar en perfecto estado de funcionamiento para poder conformar las distintas partes que se usan en la fabricación de las mismas, y lograr con esto una alta productividad y gran eficiencia de la planta.

Las distintas partes que componen una pila, son elaboradas en secciones diferentes, ver figura #1, las cuales tienen los equipos adecuados para su conformación y están bajo un estricto control de calidad para comprobar que cumplan con las especificaciones establecidas y lograr un ensamble final que esté de acuerdo con las medidas normalizadas actualmente vigentes en el país (Norma INEN Nº 807.1986-12).

Una de las secciones en la que se presentaban serios problemas de producción, estableciéndose un cuello de botella, era donde se realiza la extrusión de los envases, y es por ésto que hubo que realizar un análisis profundo del problema, llegando a la conclusión de que las continuas fallas eran producidas por la rotura de los punzones, lo que incidía notablemente en la producción de los envases y por ende en la eficiencia total de la planta.



JRA #1.- SECCIONES DE LA PLANTA DONDE SE ELABORAN LAS PARTES QUE SIRVEN PARA CONSTRUIR LAS PILAS SECAS.

Los equipos con que cuenta esta sección, ver figura #2, y que sirven para elaborar los envases son los siguientes:

### Horno de Inducción

Las pastillas de extrusión son producidas en un horno de inducción, ver figura #3, que funciona de acuerdo al principio de transformador a cortocircuito, donde el zinc en forma de lingote es fundido y después moldeado en unas barras de grafito, las cuales tienen unas cavidades de tamaño específico de acuerdo al envase que se va a extruir. En este horno el zinc se funde a 500°C aproximadamente y se lo mantiene a ésta temperatura por medio de un equipo de control con su respectiva termocupla; luego es enviado a un tanque dispensador por una bomba neumática sumergible que resiste al metal fundido. El tanque dispensador consta de unas válvulas controladas electrónicamente, las cuales al abrirse permiten el paso del zinc fundido, depositándose en los moldes de grafito la cantidad adecuada de acuerdo a la pastilla que se está elaborando.

Los moldes de grafito están montados sobre un transportador, ver figura #4, el cual lleva durante su recorrido a las pastillas ya formadas (figura #5), depositándolas sobre otro transportador de

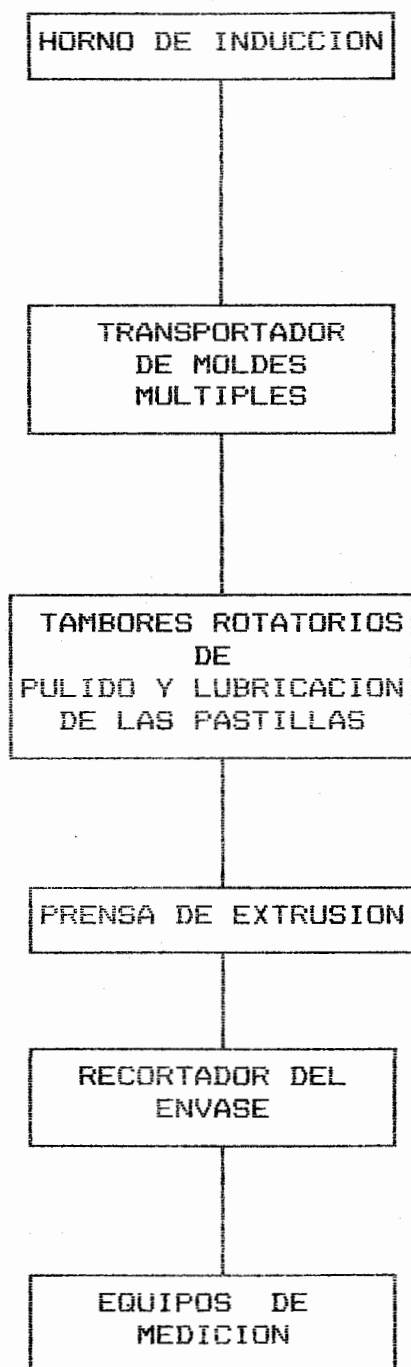
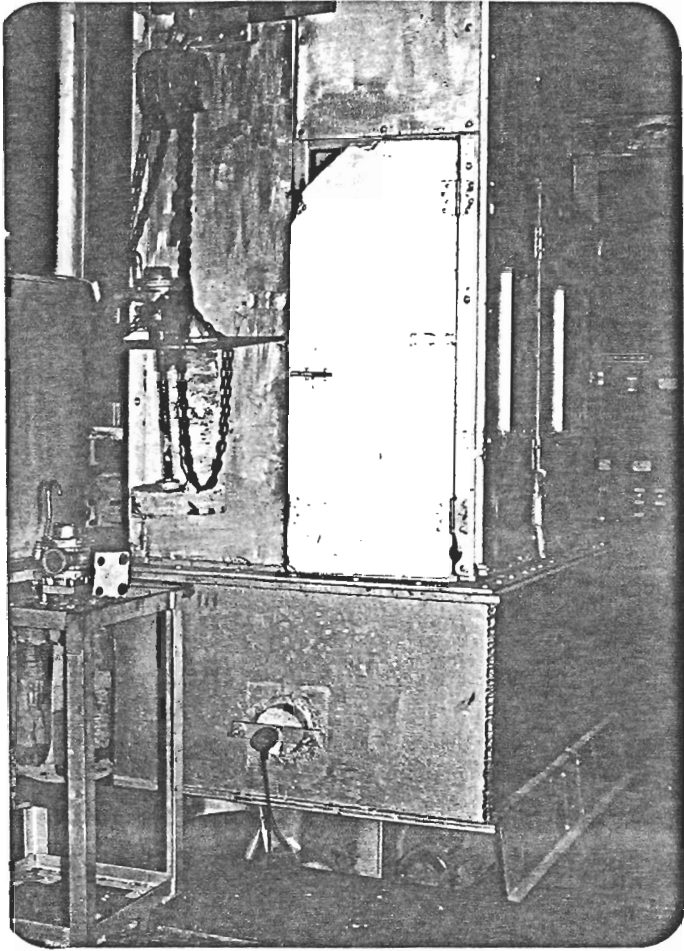


FIGURA #2.- EQUIPOS UTILIZADOS EN LA SECCION DONDE SE REALIZA LA EXTRUSION DE ENVASES.



RIBL

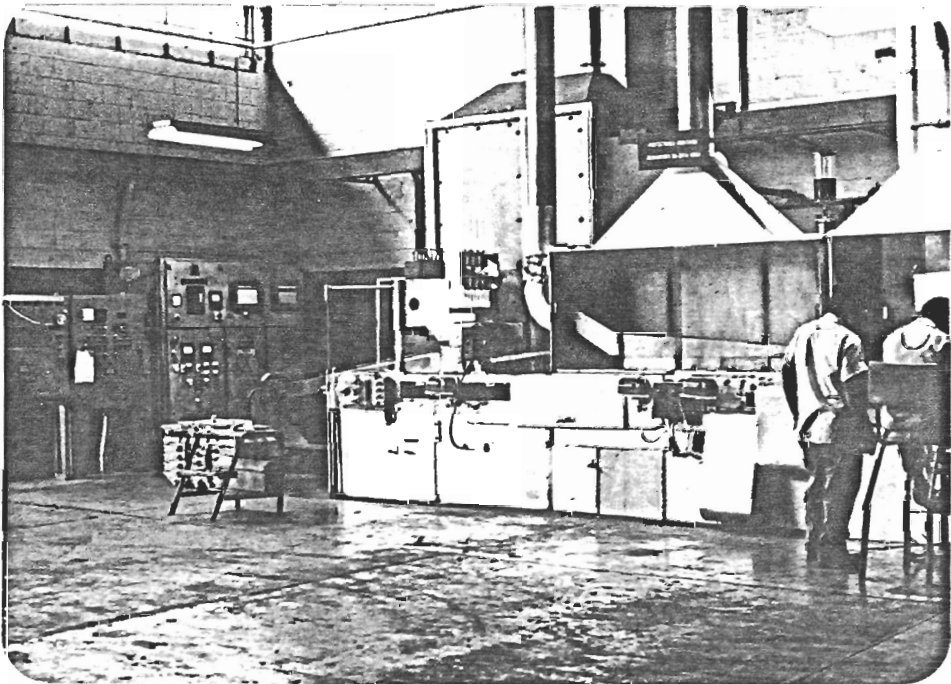


FIGURA #3.- HORNO DE INDUCCION.

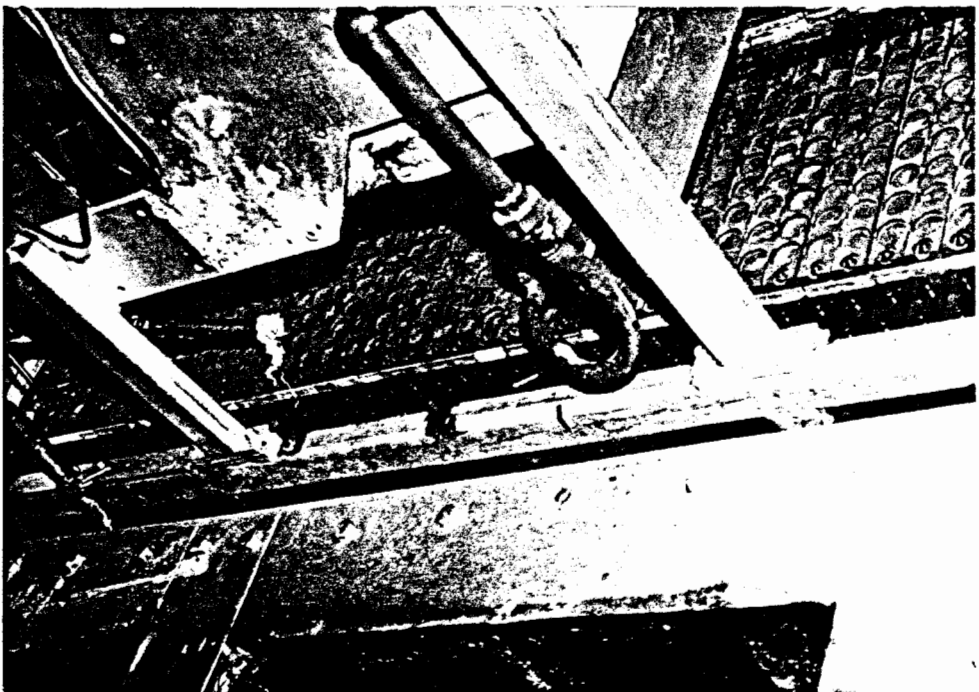
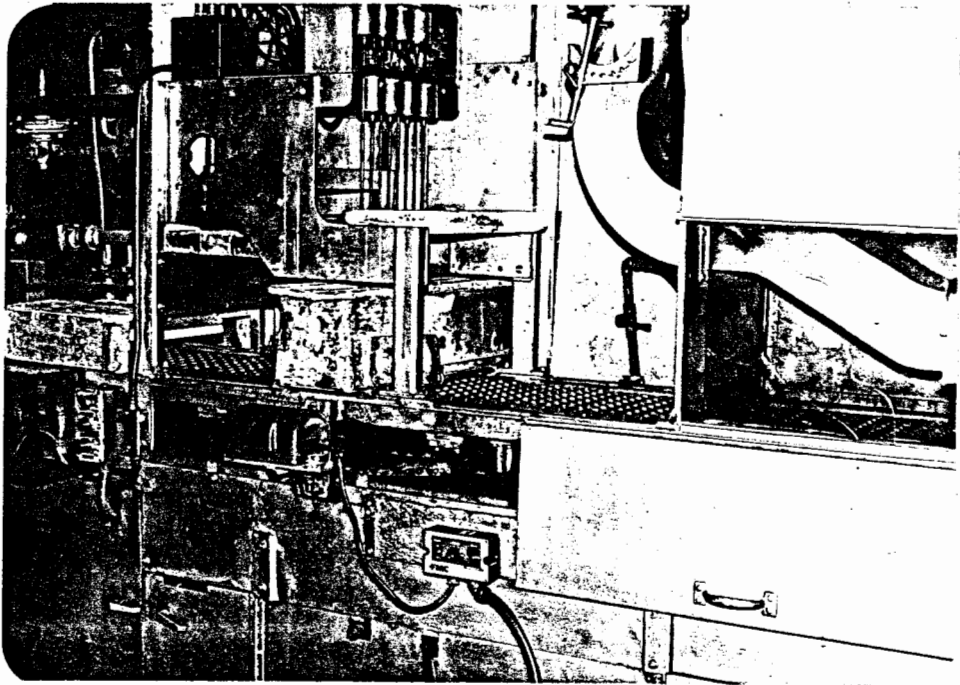


FIGURA #4.- MOLDES DE GRAFITO.



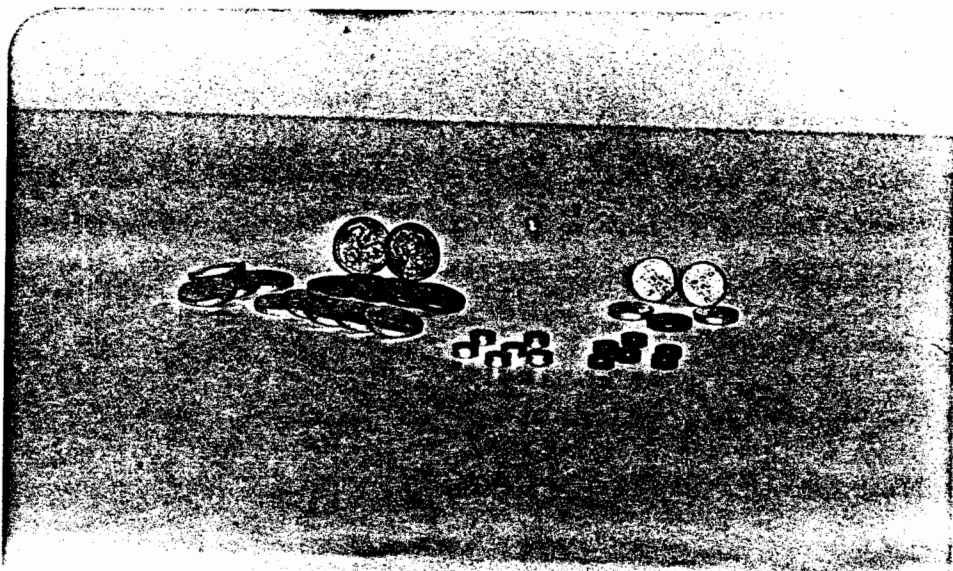


FIGURA #5.- DIFERENTES TIPOS DE PASTILLAS.

malla donde se enfrían, para luego ser almacenadas en unas cajas metálicas.

### Tambores para el pulido y lubricación de las pastillas

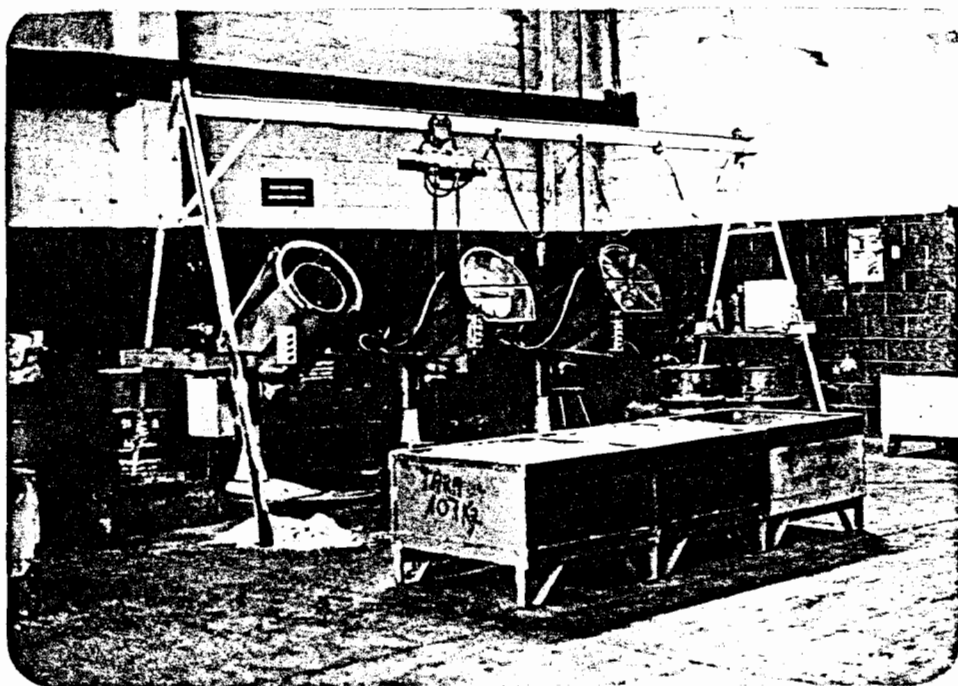
Las pastillas ya formadas y enfriadas, se las introduce en un tambor rotatorio, ver figura #6, donde por su constante movimiento y roce entre sí se logra que se pulan y se liberen de ciertas asperezas que contienen.

Una vez pulidas las pastillas se llevan a otro tambor rotatorio donde se mezclan con un finísimo polvo de grafito, el cual hace las veces de lubricador durante el proceso de extrusión, el mismo que es capaz de resistir altas temperaturas, resultado del precalentamiento de las pastillas y durante la formación del envase.

La lubricación de las pastillas es para proveer una fina película entre ellas y las herramientas de extrusión, logrando con esto una mayor duración de las mismas.

### Prensa de Extrusión

La extrusión de los envases se realiza en una prensa horizontal de 150 KN, la cual realiza 150 golpes por minuto, ver figura #7. La prensa trabaja según el principio de palanca acodada o rodillera, ver figura



BIBLIOTECA

FIGURA #6.- TAMBORES ROTATORIOS.

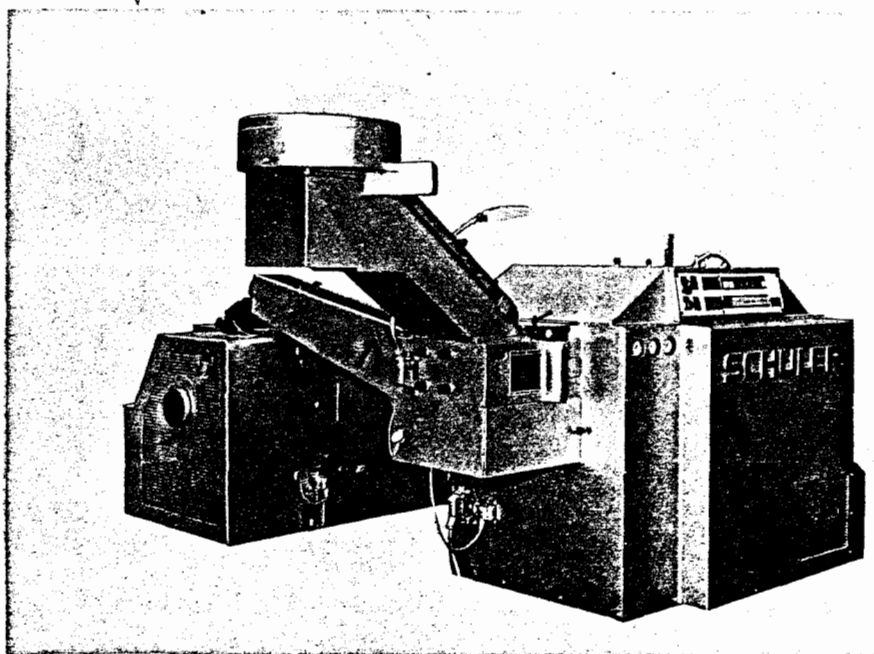


FIGURA #7.- PRENSA HORIZONTAL.

#8, y es especialmente adecuada para la fabricación de piezas extruidas.

El bastidor de la máquina es de fundición y contiene encerrado en su interior todos los elementos de accionamiento. Tiene un sistema automático de lubricación central por aceite y debido a su construcción cerrada no permite la pérdida del mismo.

La prensa está equipada con una combinación de embrague y freno que proporciona la unión mecánica entre el árbol del embrague y el volante. Esta combinación de embrague y freno se conecta mediante una válvula de mando de tres vías que se encuentra en la tubería de aire del embrague.

El sistema de alimentación de las pastillas a la prensa está diseñado de tal forma que ellas son guiadas correctamente en todo sentido con el fin de eliminar fallas de alimentación, ya que esto es esencial para trabajar a alta velocidad. Para esto cuenta con una tolva rotatoria que orienta las pastillas hacia un canal, que es calentado por abajo en toda su longitud por unas resistencias, con el fin de precalentar a las pastillas antes de ser extruidas. El canal se conecta al mecanismo de alimentación el cual es pivoteado en un extremo para poder salir de la máquina y permitir un cambio rápido de herramientas o pulir la matriz, ver figura #9.

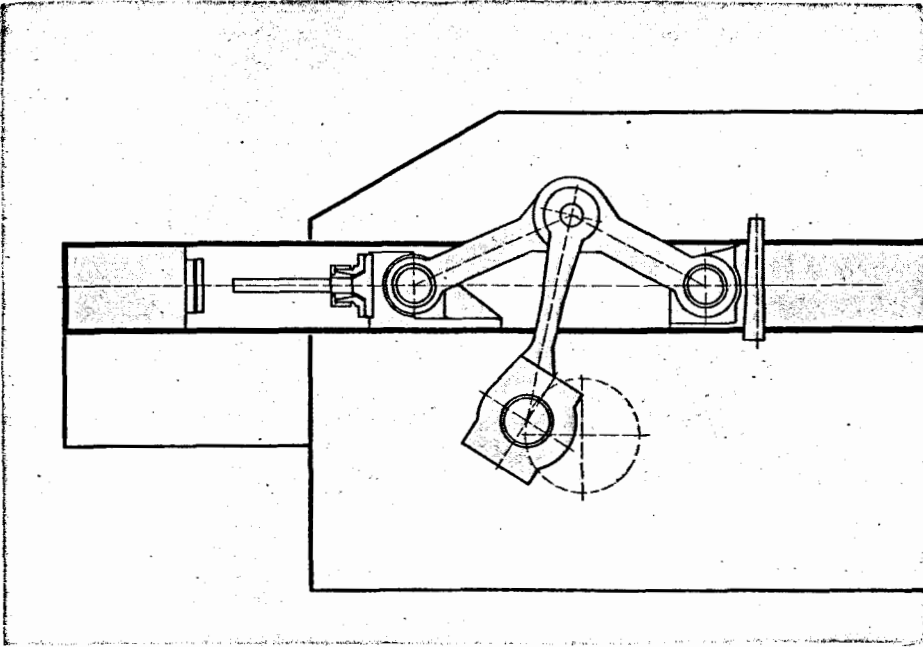


FIGURA #8.- PRINCIPIO DE PALANCA ACODADA.

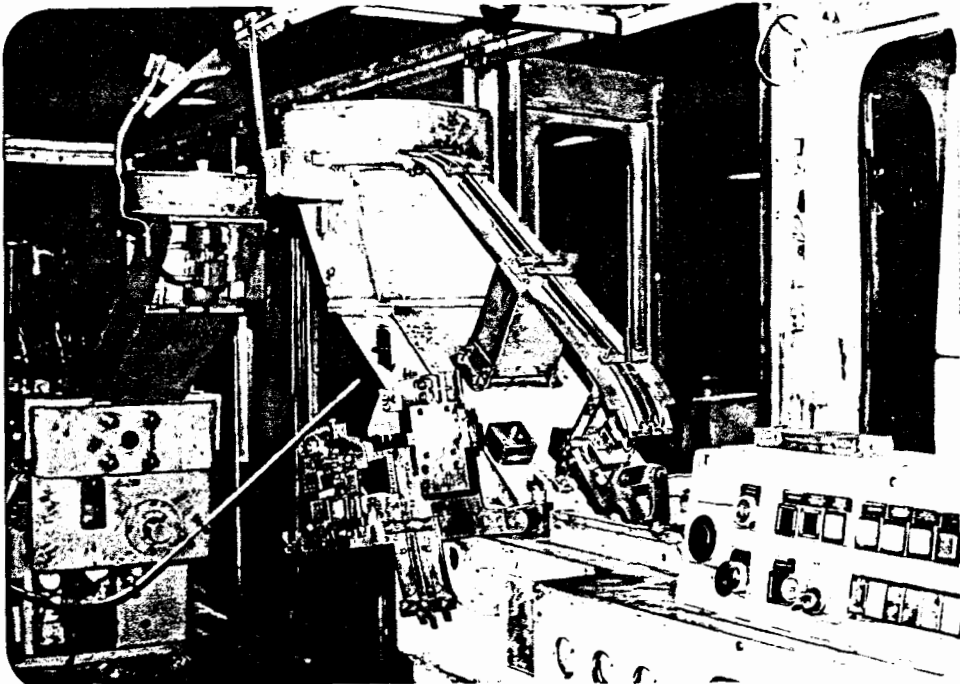


FIGURA #9.- MECANISMO DE ALIMENTAC. DE LAS PASTILLAS

El mecanismo de alimentación, posiciona las pastillas frente a la matriz para que cuando el punzón haga su recorrido hacia adelante introduzca a la pastilla en ella y debido al impacto se forme un envase. Después entra a funcionar el extractor de envases y luego el mecanismo expulsor lo envía a un transportador el cual lo lleva hacia la máquina recortadora.

#### Recortador del envase

Esta máquina también trabaja bajo el mismo principio de la prensa, el de la palanca acodada, y sirve para recortar la parte superior del envase con el fin de dejarlo a la altura adecuada. (figura #10 y #11).

El cuerpo de esta máquina es de plancha de hierro negro totalmente soldada, soportando el carro que se desliza horizontalmente sobre unas placas de una aleación de bronce de alta dureza.

En este carro va montado el punzón guiador del envase y la cuchilla móvil, la que por principio de cizallamiento corta la parte superior del envase. La cuchilla fija se encuentra en la parte frontal de la máquina, en una cajera la cual le permite un pequeño deslizamiento radial con el fin de alinearse al momento del corte.

#### Equipos de medición

El espesor tanto de la pared como del fondo del

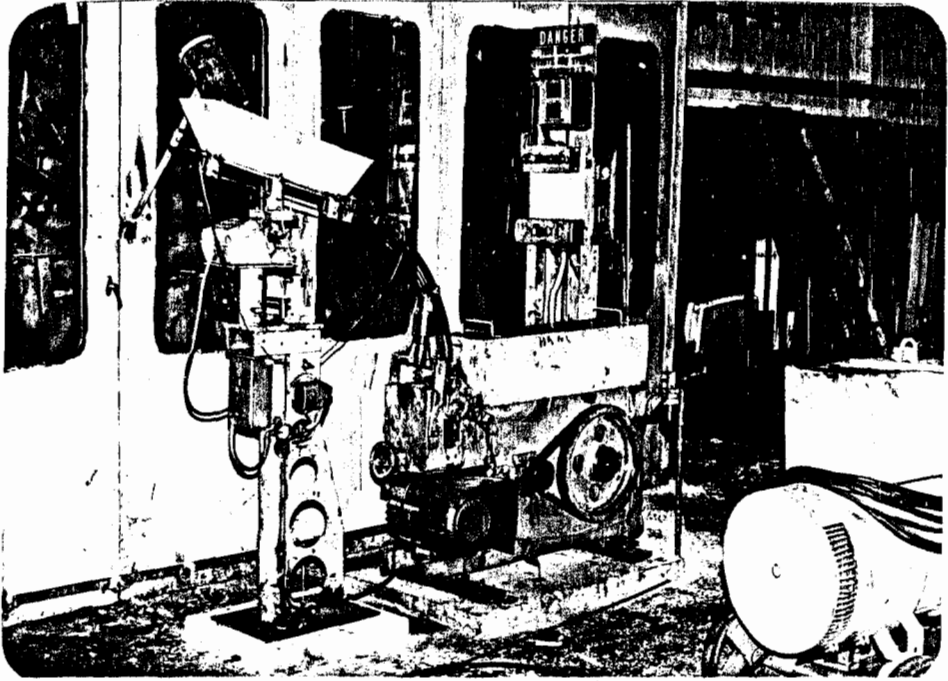


FIGURA #10.- RECORTADOR DEL ENVASE.

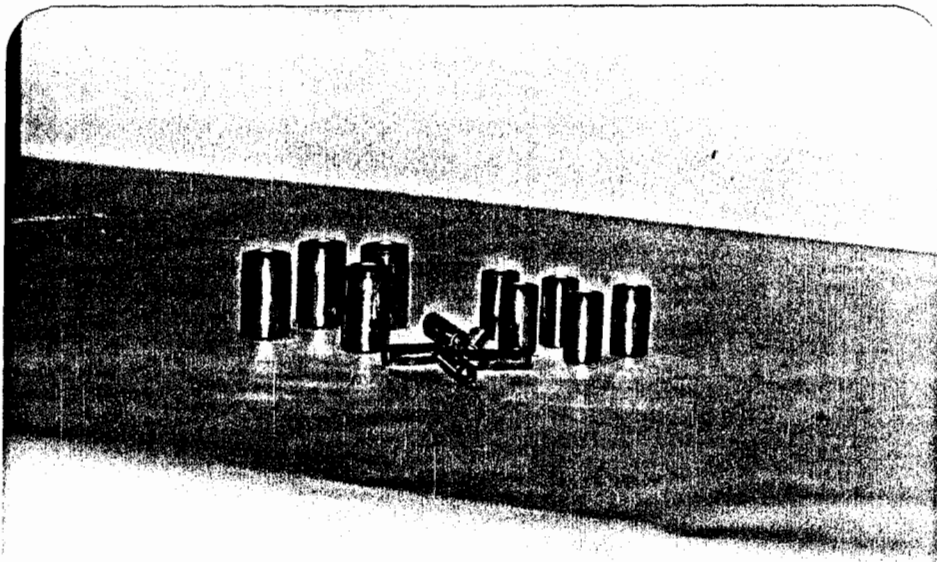


FIGURA #11.- ENVASES RECORTADOS

envase juega un papel muy importante en la fabricación de pilas secas, por lo que se necesita hacer un control muy estricto a estas medidas. Para esto se usan dos calibradores de carátula montados en un pedestal con unos aditamentos especiales con el fin de revisar esta medida lo más exactamente posible. Para comprobar que la longitud del envase esté dentro de las especificaciones, se usa un calibrador vernier, ver figura #12.

## 1.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRUSION DE LOS ENVASES

La aplicación fundamental de la extrusión por impacto consiste en obtener recipientes de gran profundidad en relación con su diámetro, permitiendo éste procedimiento igual exactitud y mucha mayor facilidad y rapidez de fabricación que si los objetos se fabricaran mediante embutición o estirado.

Los primeros experimentos que se realizaron sobre la extrusión por impacto, propiamente dicha, se llevaron a cabo hace aproximadamente un centenar de años, empleando el plomo como materia prima; sin embargo, a pesar de haber transcurrido tanto tiempo, solamente desde hace unos cuantos años este procedimiento de trabajo se ha desarrollado lo suficiente para tener éxitos notables en diversas aplicaciones industriales.



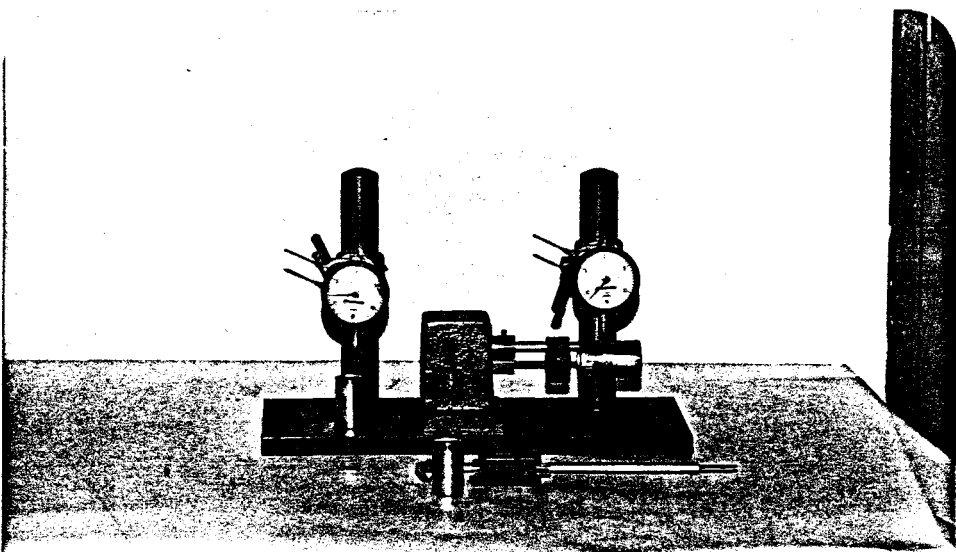


FIGURA #12.- EQUIPOS DE MEDICION.

En la actualidad son varios los metales además del plomo a los que se les realiza el proceso de extrusión con bastante facilidad. Estos metales son: plomo recubierto de estaño, estaño puro, aluminio y algunas aleaciones de este metal, incluso duraluminio; también se realiza este proceso al zinc, latón y cobre. Aparte de estos metales, se han efectuado solamente a título de ensayo, extrusiones de bronce y acero dulce.

Es cierto que lo que limita en parte la aplicación de este procedimiento es el material que se va a usar, la extrusión por impacto tiene una amplia gama de aplicaciones tal es así, que en la actualidad pocas son las ramas de la industria donde no presta utilidad este sistema: tubos de pasta dentífrica, recipientes para productos farmacéuticos, piezas para radio tales como blindaje de bobinas y válvulas, compensadores, etc.; en automovilismo, aviación, en cartuchos explosivos, en la elaboración de envases para la fabricación de pilas secas, tema de este informe, y en tantos otros que harían interminable la lista de las aplicaciones donde este procedimiento interviene con verdadero éxito.

Otra limitación de este sistema es que el punzón no sea capaz de soportar la presión requerida. Cuando las alturas que se desean conseguir son considerables, con relación al diámetro, el punzón

suele resultar de resistencia insuficiente para soportar la carga y corre el riesgo de romperse; por lo tanto no es conveniente pasar de determinados valores de la longitud con relación al diámetro.

La extrusión se caracteriza fundamentalmente por un corrimiento de las moléculas de un metal dúctil, producido como consecuencia de un fuerte impacto sobre el mismo, que eleva la temperatura de la masa metálica que lo recibe y provoca, como consecuencia, un flujo plástico de la misma.

La construcción por extrusión de piezas en forma de receptáculo aprovecha este flujo plástico para su conformación y es así que el diseño de las herramientas destinadas al desarrollo de este procedimiento de trabajo deberá tener como fin concreto, el facilitar hasta el máximo la creación de las condiciones favorables para permitir, con el mínimo de esfuerzo, el corrimiento del flujo plástico del metal, provocado por el impacto, ver figura #13.

Se distinguen dos métodos principales de extrusión por impacto:

- La extrusión inversa en que el metal fluye en sentido inverso al de la marcha del punzón, ver figura #14, llegando a recubrirlo.
- La extrusión directa, llamada también procedimiento Hooker, en el que el metal de la

- 01 PLACA INTERMEDIA
- 02 CABEZA DE FIJAC.
- 03 TUERCA DE FIJAC.
- 04 DISPOS. CIRCULAR DE EXTRACCION
- 05 BRIDA
- 06 ANILLO DE REDUC.
- 07 DISCO DE RECUBR.
- 08 CONO DE FIJACION
- 09 MATRIZ
- 10 BASE FIJACION
- 11 PLACA PRESION
- 12 TORNILLO FIJACION
- 13 PIEZA DE FIJACION
- 14 PUNZON

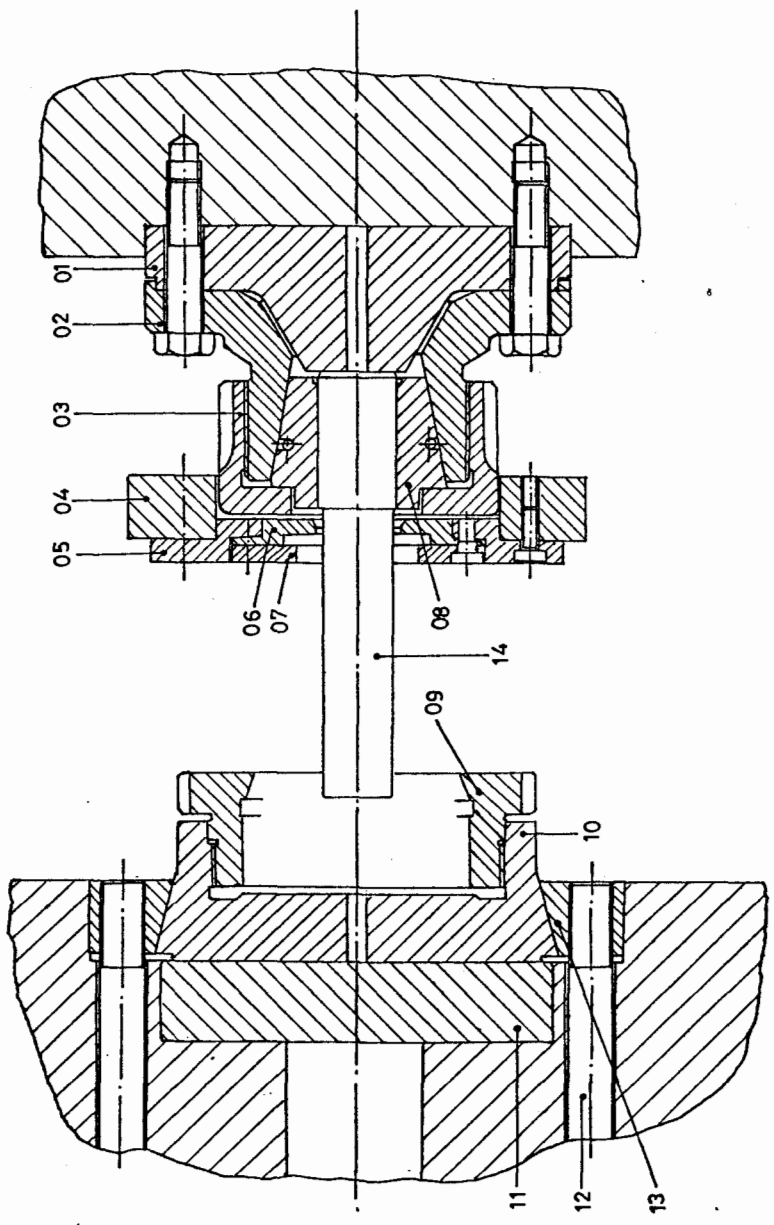


FIGURA #13.- HERRAMIENTAS DE EXTRUSION



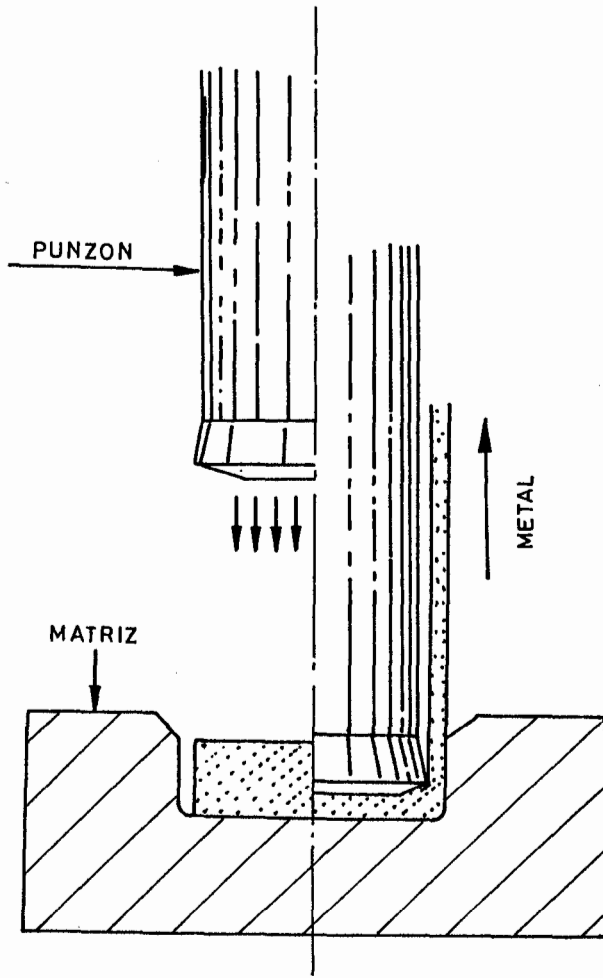


FIGURA #14.- PRINCIPIO DE LA EXTRUSION INVERSA

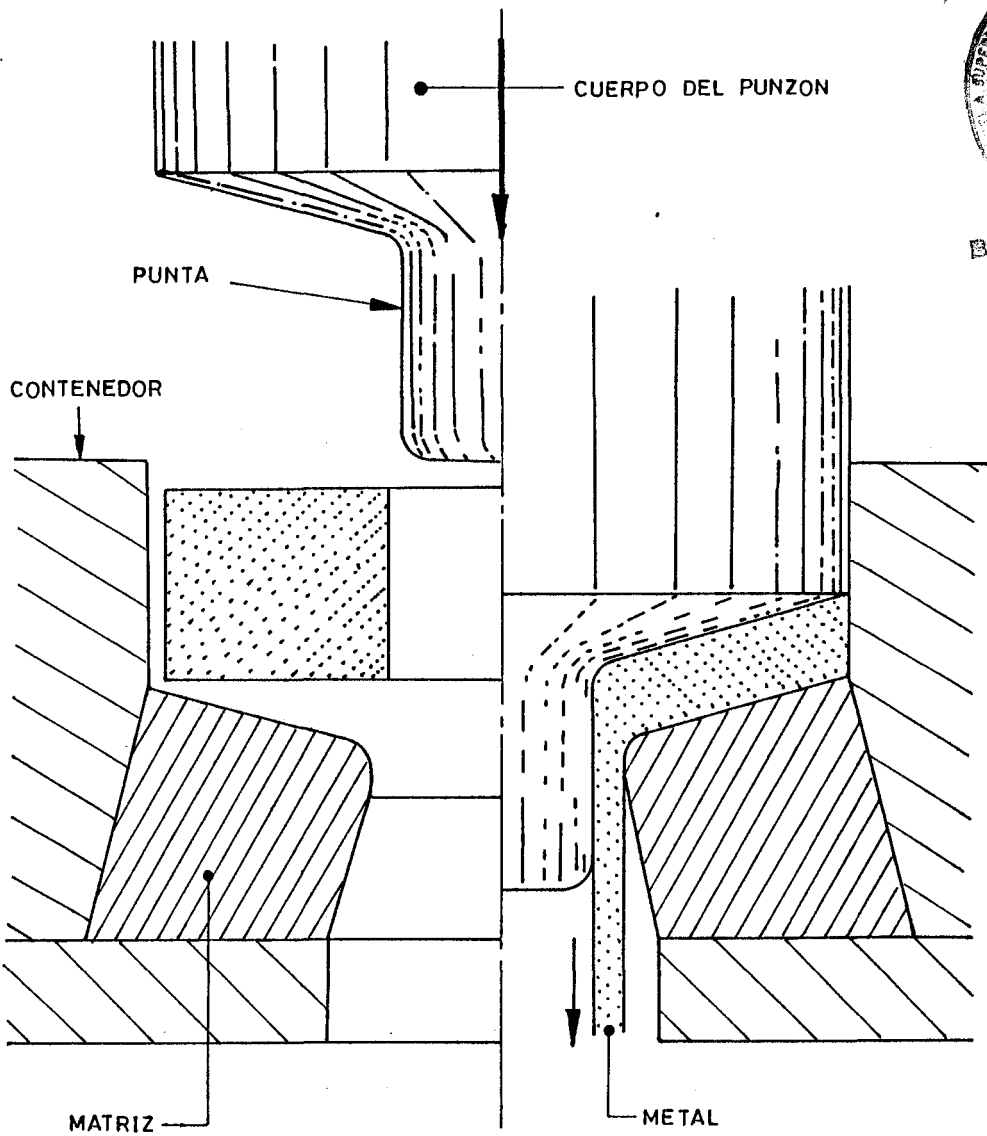
pastilla fluye entre la matriz y la punta del punzón en el sentido mismo del desplazamiento de éste, ver figura #15.

Se han ideado algunas variantes o combinaciones de los dos procedimientos: extrusión en los dos sentidos, extrusión con contrapunzón, procedimiento Crittall-Luxfer, extrusión lateral, etc.

Los dos procedimientos básicos presentan sus ventajas e inconvenientes:

- En la extrusión inversa, el producto extruido sale generalmente, de la matriz y sube con el punzón del que se despega por un extractor. Por lo tanto, la altura del producto extruido está limitada por el recorrido de la prensa, en la que es preciso reducir la profundidad de la matriz, el espesor útil del extractor, la altura a recortar de la pastilla extruida y un cierto margen que permita fácilmente la eyección, en general 35 a 60 mm. Como la carrera de la prensa de extrusión no sobrepasa, generalmente, 300 a 400 mm, la altura de los productos extruidos pasan raramente los 250 a 350 mm.

La altura relativa de la pieza está limitada por los riesgos de pandeo del punzón, pieza larga que trabaja a compresión. La práctica industrial fija este límite en 6 a 7 veces el diámetro de la pieza extruida.



BIBLIOTECA

FIGURA #15.- PRINCIPIO DE LA EXTRUSION DIRECTA.

- En la extrusión directa la eyección se hace a través del asiento, y la carrera de la prensa puede estar limitada a la suma de: la altura de la punta, la profundidad del contenedor, un juego permitiendo el suministro de la pastilla, en total un poco más de tres veces la altura de la pastilla. La carrera de la prensa es siempre superior a este valor que es del orden de 100 a 150 mm.

No existe ningún riesgo de pandeo del punzón, por causa de su pequeña altura, permitiendo este procedimiento extruir tubos con longitudes que pueden alcanzar de 20 a 100 veces su diámetro. Por el contrario, queda en el contenedor residuos de extrusión que es preciso extraer en el transcurso de una segunda fase de operación, lo que necesita frecuentemente una segunda revolución de biela-manivela de la prensa.

Los envases para la fabricación de pilas deben reunir propiedades físicas indispensables para presentar resistencia máxima a la corrosión y a la perforación. Para esto se debe controlar estrictamente la fórmula de aleación que consiste esencialmente en zinc de alta pureza con pequeños porcentajes de plomo y cadmio altamente puros, los cuales son introducidos al horno de inducción para su aleación. Ver figura #16.



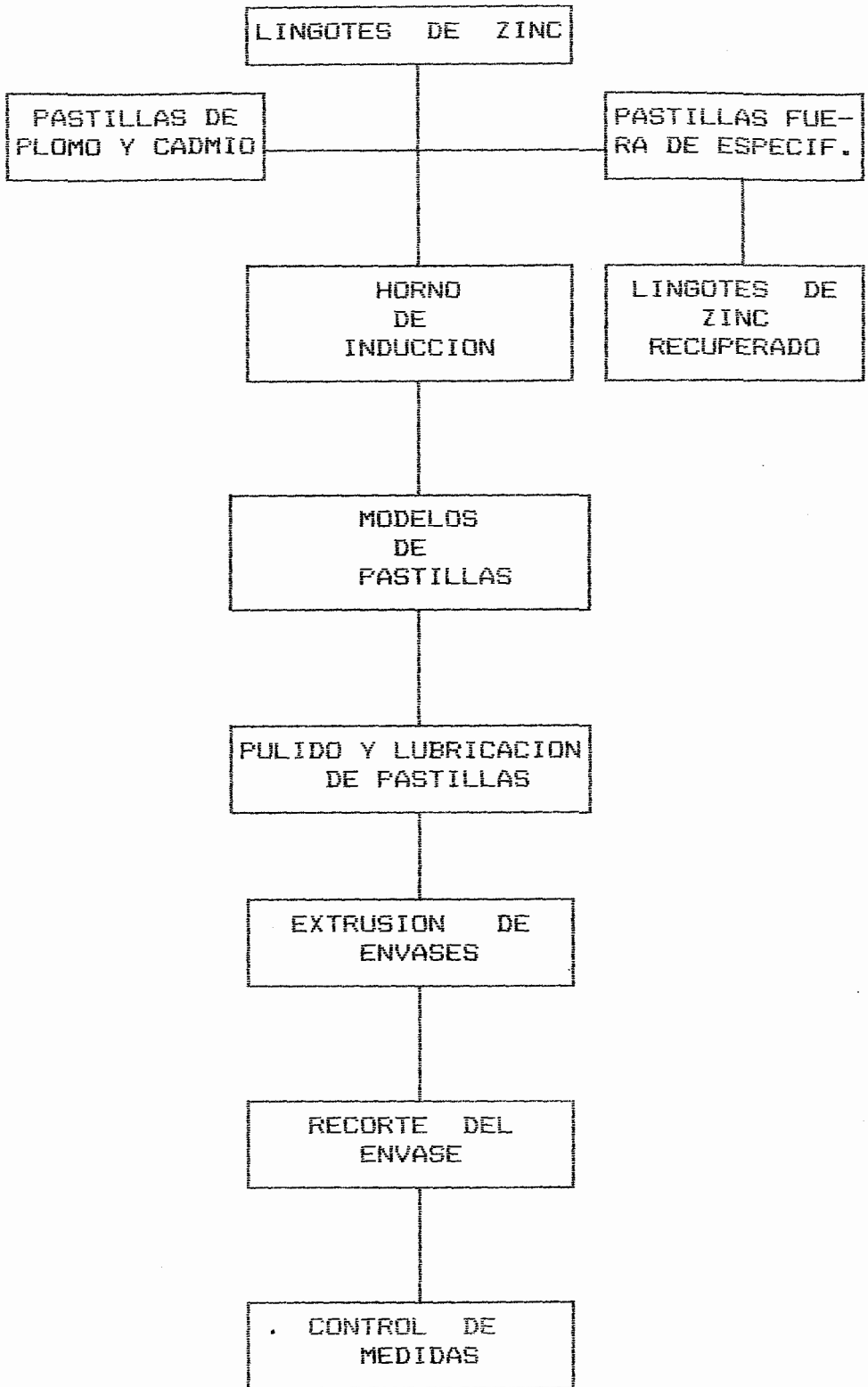


FIGURA #16.- PROCESO DE EXTRUSION DE ENVASES PARA LA FABRICACION DE PILAS.

Una vez conseguida esta aleación fundida, se moldea en forma de pastillas en unas barras de grafito con varias cavidades de diámetro específico según el envase a extruir. Luego se las pule y se las recubre con una fina capa de grafito con el fin de que sirva como lubricante en el momento de la extrusión.

Las pastillas lubricadas son colocadas en una tolva rotatoria, la cual las orienta hacia un canal que está calentado por unas resistencias con la finalidad de precalentar a las pastillas antes de ser extruidas. Este canal está conectado a un mecanismo de alimentación de pastillas, ver figura #17, que debido a un sistema de palancas y levas va colocando de una en una las pastillas frente a la matriz para que de un solo impacto del punzón contra la misma se forme el envase deseado.

Al retirarse el carro después del impacto, el envase formado va metido en el punzón, por lo que es necesario extraerlo y expulsarlo fuera de la zona de extrusión antes de que se inicie otro ciclo. Para esto la prensa tiene los mecanismos de extracción y expulsión de los envases, los mismos que son orientados hacia un transportador que los lleva hacia la máquina recortadora del borde superior. Ver figura #18.

Cuando los envases salen del transportador, son introducidos en una guía vertical, por donde ellos

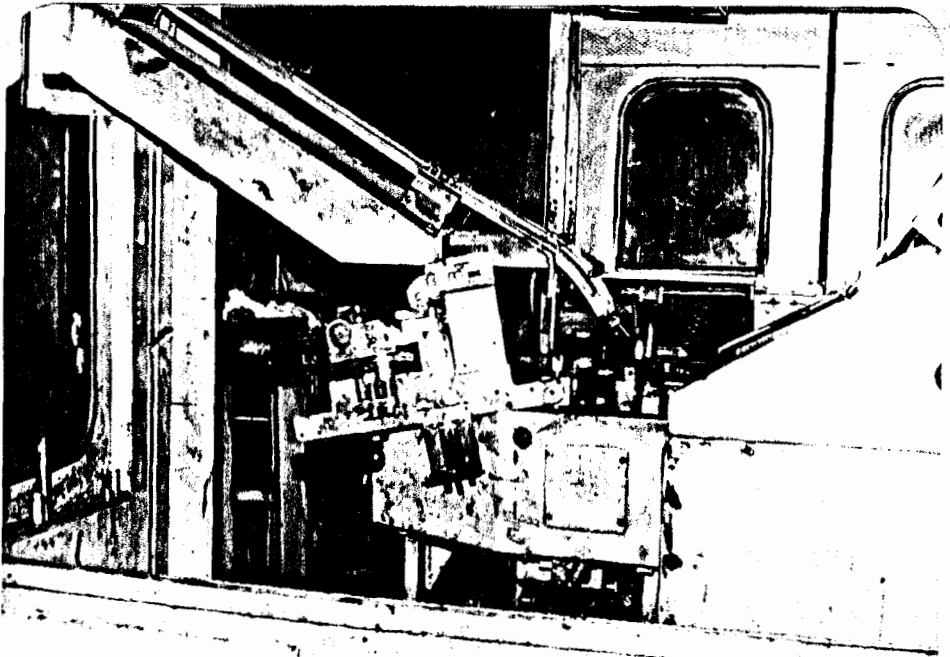


FIGURA #17.- MECANISMO DE ALIMENTACION DE LAS PASTI-  
LLAS.

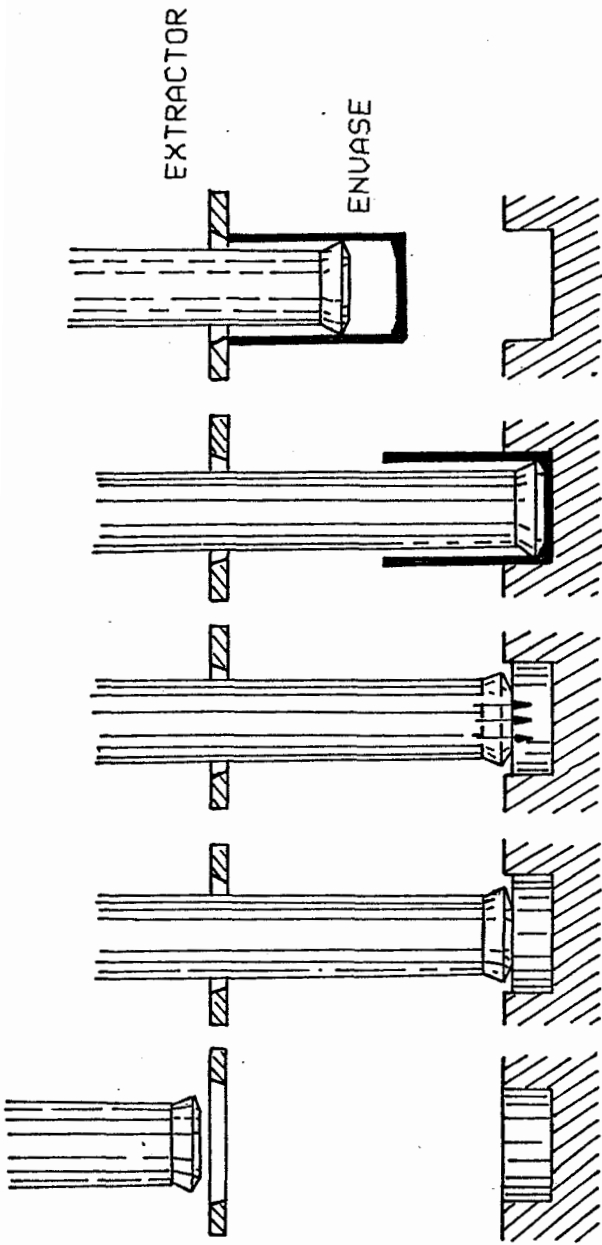


FIGURA #18.- DIFERENTES FASES DE LA EXTRUSION.

caen a una de las máquinas recortadoras y es aquí donde el punzón guiador con la cuchilla circular al ir hacia adelante, empuja a los envases hacia la cuchilla fija que está alojada en una cajera, produciéndose el corte por cizallamiento a una altura deseada, lo cual depende de la longitud del punzón guiador.

Al retroceder el carro con el punzón guiador al recorte, es expulsado por un mecanismo similar al de la prensa. Este recorte es almacenado y después enviado a fundirse en un crisol para ser recuperado en forma de lingotes que sirvan para ser refundidos en el horno de inducción.

El envase recortado es controlado estrictamente en su longitud y en el espesor de la pared lateral y del fondo. Si no cumple con la especificación estipulada es sacado de la línea de producción y enviado a fundirse en forma de lingotes, de lo contrario, si cumple con sus especificaciones, está listo para la fabricación de la pila seca.

## CAPITULO II

### DEFINICION DEL PROBLEMA

#### 2.1. INCIDENCIA DEL PROCESO DE EXTRUSION EN LA PRODUCCION

En la construcción de envases mediante la extrusión por impacto suelen presentarse defectos que afectan muy notablemente la calidad de las piezas obtenidas.

Dichos defectos suelen ser:

- a) Los envases presentan arrugas en uno de sus lados según se muestra en la figura 19 a.
- b) Los envases presentan rasgaduras en uno de sus lados, según muestra la figura 19 b.

En cualquiera de los dos casos, el defecto siempre se debe a una desnivelación de la matriz respecto del punzón, lo cual ocasiona la distribución desigual de la presión ejercida sobre el material prensado, originando con ello una extrusión irregular del mismo. Esto se muestra en la figura #20 A, en la cual se indica, en forma exagerada el defecto antedicho.

Las rasgaduras sobre las paredes se originan por dos circunstancias:

1. Por un descentramiento del punzón respecto a la matriz que produce una irregularidad en el espesor de la pared del envase obstruido y origina con ello efectos locales de tracción de la sección más gruesa sobre la más delgada, ocasionándose la rasgadura, ver figura #20 B.

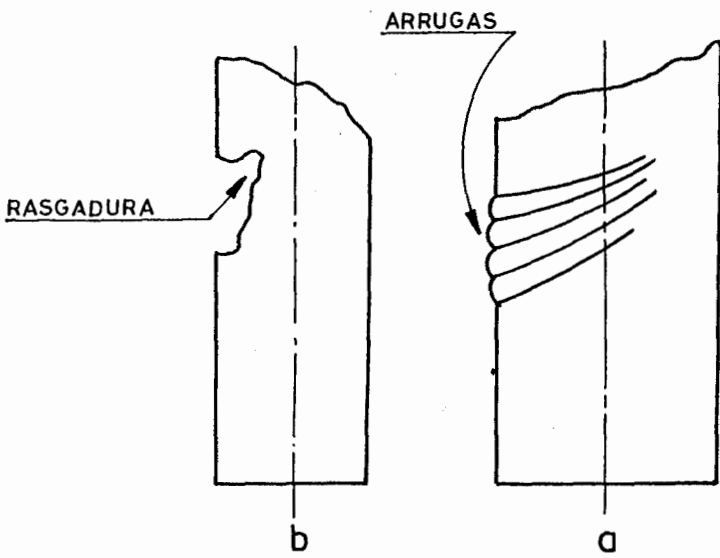


FIGURA #19.- DEFECTOS DEBIDOS A LA MALA COLOCACION DE LAS HERRAMIENTAS.

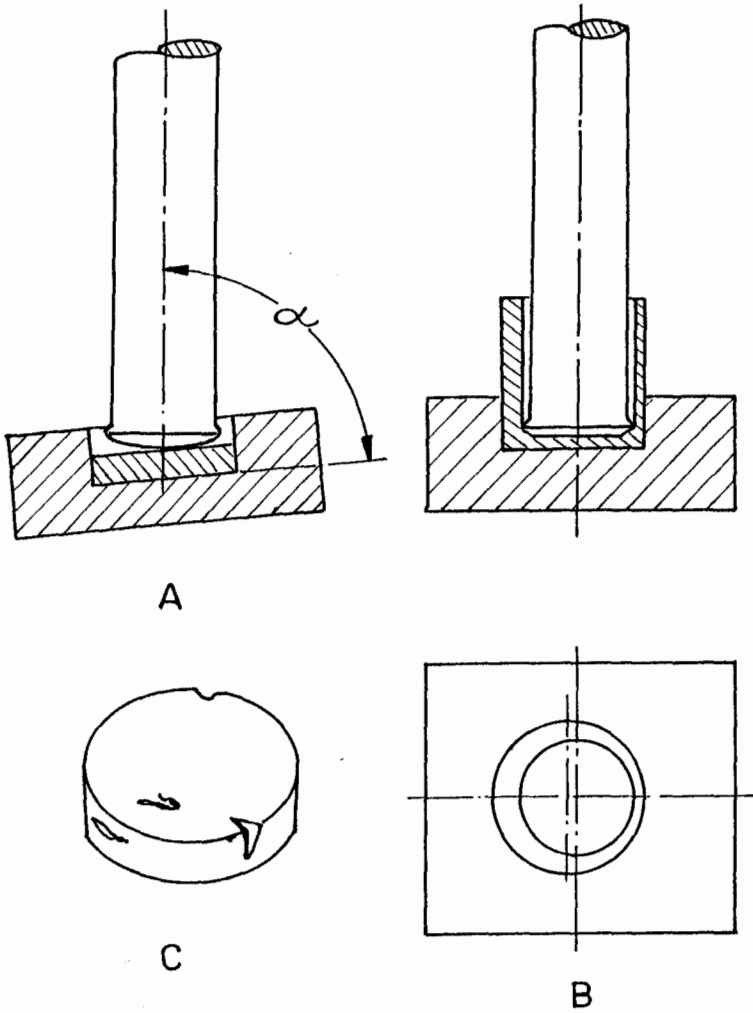


FIGURA #20.- DEFECTOS MAS CORRIENTES EN QUE SE INCURRE AL EXTRUIR PIEZAS. A: MATRIZ DESNIVELADA; B: MATRIZ DESCENTRADA; C: PASTILLAS CON GRIETAS E IRREGULARIDADES EN SUS BORDES.



2. Las rasgadas también se producen cuando se emplean pastillas con los bordes deficientes o con grietas próximas a los bordes, y que al ser extruidas, cuando el adelgazamiento del metal alcanza el defecto, este es reproducido sobre la pared del recipiente al faltar momentáneamente la continuidad del flujo metálico, lo cual se muestra en la figura #20 C.



BIBLIOTECA

## 2.2. POR DESGASTE NORMAL

Si al iniciar una producción de envases mediante el proceso de extrusión con herramientas nuevas y durante su montaje se tuvo la precaución de que el punzón haya quedado completamente perpendicular contra la matriz y que sean perfectamente concéntricos, se logrará una alta producción dentro de las especificaciones estipuladas.

El único problema que se presentará más tarde en la extrusión de los envases es que por el desgaste normal del punzón, debido a su uso, las piezas extruidas ya no cumplen con la medida de la especificación del espesor lateral de la pared del envase, por lo que se hace necesario cambiar dicho punzón.

## 2.3. POR ROTURA DEL PUNZON

El problema principal que incidía en la producción

de los envases, era el rompimiento de las herramientas de extrusión, especialmente de los punzones, figura 21a, debido a que no tenían un adecuado tratamiento térmico que les permitiera ser resistentes al impacto.

Al romperse el punzón durante el proceso, origina un daño total del mecanismo de alimentación de pastillas, debido a que por el impacto de la parte rota contra él, las piezas que lo componen también se parten o se doblan, figura 21b, ocasionando ésto una parada de la máquina bastante larga, trayendo como consecuencia una baja considerable de la producción de los envases y de la eficiencia total de la planta.

#### 2.4. POR FALLAS GENERALES DE LA MAQUINA

Generalmente las prensas que trabajan a altas velocidades y que sirven para elaborar envases mediante el proceso de extrusión por impacto, presentan desgastes en las platinas donde se desliza el carro que sostiene el portapunzón después de un período considerable de producción, provocando esto un deslizamiento del punzón con respecto a la matriz, lo que trae como consecuencia que los envases extruidos tengan arrugas o rasgaduras.

También las piezas que componen el mecanismo de alineación de las pastillas sufren desgastes debido

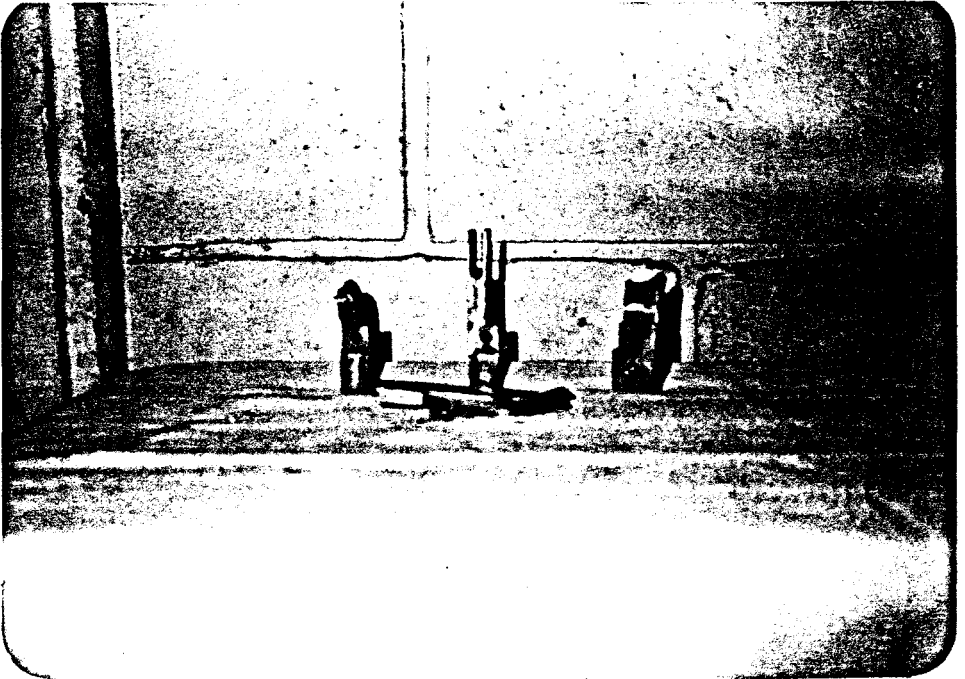
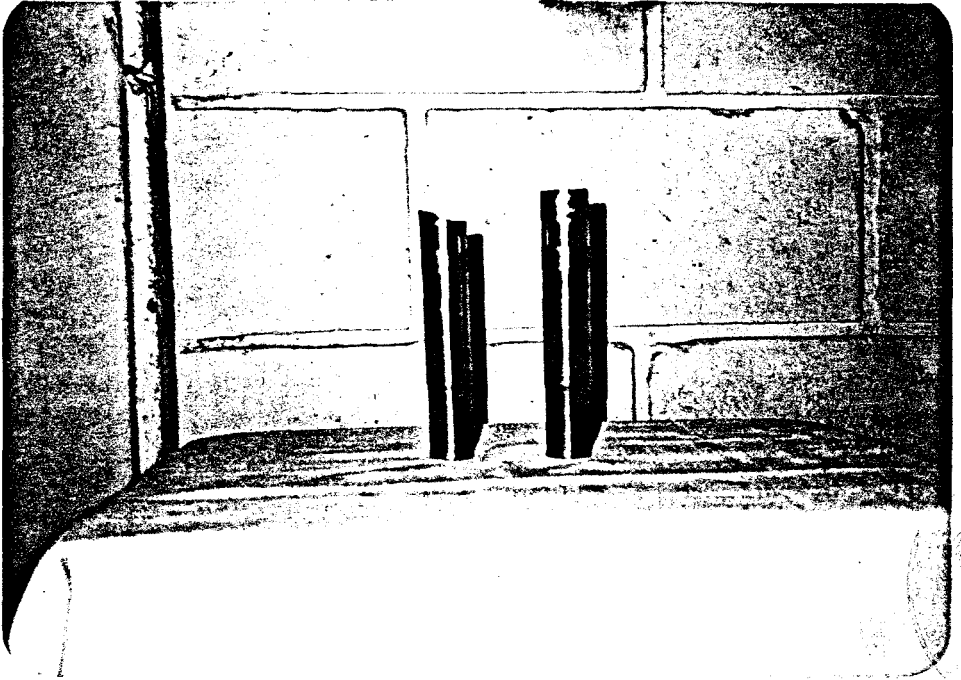


FIG. #21.- HERRAMIENTAS EXTRUSION DAÑADAS POR EL PUNZON.

a su trabajo y al roce continuo que tienen con ellas, lo que provoca que las pastillas en muchos casos no lleguen a posicionarse frente a la matriz, cayendo fuera de ella, produciéndose un choque que hace que los punzones se doblen o se rompan; lo mismo pasa con las piezas del mecanismo de alimentación de las pastillas, incidiendo esto notablemente en la producción.



BIBLIOTECA

## CAPITULO III

### ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

#### 3.1. IMPORTACION DE LAS HERRAMIENTAS

Una de las soluciones planteadas a la Gerencia de Planta fue de importar las herramientas de extrusión especialmente los punzones, desde el Japón, ya que ésta Corporación que fabrica las pilas secas, tiene entre sus afiliadas una empresa que se dedica solamente a la construcción de partes y de maquinarias para suplir exclusivamente a las demás plantas.

Pero por el engorroso problema de importación que genera demora en la llegada al país de las partes importadas, se tenía que solicitar una apreciable cantidad de éstas partes para poder cumplir con la producción planeada, lo que conlleva a un fuerte desembolso de dinero y al pago de intereses por mantenerlos almacenados cuando lleguen, motivo por el cual se descartó esta alternativa como solución al problema de la extrusión de los envases.

#### 3.2. CONSTRUCCION DE LAS HERRAMIENTAS LOCALMENTE

Para evitar los problemas que traía la importación de las herramientas, se buscó la manera de construirlas localmente. Para esto se llamó a varios proveedores, los mismos que se responsabilizaban solamente por entregar los punzones con las medidas

que pedía el plano, más no, por el tratamiento térmico de los mismos, ya que este trabajo lo hacían en el único taller de temple que existe en la ciudad.

Se tuvo que descartar esta alternativa como solución del problema debido a que ya se había experimentado con este taller de temple donde acude la mayoría de las empresas de la Ciudad de Guayaquil para que se realice el tratamiento térmico a las piezas de sus máquinas, deduciéndose que al templar los punzones mezclados con otras piezas del mismo material, pero que no hacen el mismo trabajo, éstos no adquirirían las propiedades necesarias para realizar el proceso de extrusión.

### 3.3. CONSTRUCCION DE LAS HERRAMIENTAS EN LA PLANTA

La alternativa de construir las herramientas de extrusión en la misma planta, primordialmente los punzones, fue planteada debido a que basandose en la experiencia y en la mano de obra altamente calificada del personal de taller, y el uso de las máquinas y herramientas existentes en el mismo, se tenía la certeza de poder lograr este objetivo.

Y es así que se elabora un plan de trabajo que consistió en recabar la información adecuada sobre el material a usar, formar un grupo de trabajo con el personal del taller, para construir los punzones,

reconstruir un horno eléctrico para realizar el tratamiento térmico de los mismos, buscar el método adecuado para el tratamiento térmico de ellos y, finalmente rectificar los punzones para que tengan las medidas de acuerdo a las especificaciones estipuladas.

## CAPITULO IV

### SOLUCION PROPUESTA

#### 4.1. CONSTRUCCION DE LAS HERRAMIENTAS EN LA PLANTA

Después de haber sido aceptada la alternativa de construir las herramientas en la misma planta como solución a los problemas de extrusión de envases para la fabricación de pilas secas, se empezó a trabajar recabando la información adecuada sobre el material a usar, llegando a seleccionar dos clases de aceros, los cuales son:

- a. El acero XW-5 de la firma ASSAB, y
- b. El acero ESPECIAL K de la firma BOEHLER, material que se encuentra con facilidad en el mercado local.

Estos aceros son de alto contenido de carbono y cromo y poseen las siguientes características:

- Gran resistencia al desgaste y a la compresión.
- Gran dureza superficial después del templado.
- Buenas propiedades durante el templado.
- Gran estabilidad al templarse, y
- Excelente resistencia al revenido.

Por lo que se recomienda para usarse en troqueles para cortar láminas, dados para cerámica, machos para clavar, punzones para extrusión en frío y en general para herramientas de producción en gran escala.

Como la rotura del punzón era el principal problema



que se tenía en la extrusión de envases, se tomó a esta herramienta como parte esencial en el proceso y se dió prioridad a su construcción. Para esto se formó un grupo de trabajo que estuvo conformado por un mecánico tornero, un mecánico rectificador, un mecánico de banco, el supervisor del taller mecánico como jefe de grupo y el Ingeniero de mantenimiento como asesor del mismo, quienes asumieron la responsabilidad de llevar a feliz término este proyecto.

Basados en los diseños realizados por el Departamento de Ingeniería de la Corporación, se tornean los punzones con el perfil adecuado que facilita el corrimiento del flujo metálico con el mínimo de resistencia, ya que durante la extrusión, el corrimiento del metal debe considerárselo como una corriente plástica de un fluido muy espeso.

El perfil ideal, tratándose de obtener recipientes cilíndricos es, como muestra la figura #22, aquel que forma un ángulo de 120 grados de abertura, con redondeados suaves en su vértice y en la unión del fondo con las paredes laterales. El espesor de la pared del fondo es uniforme, a pesar de que este espesor difiera del que tienen las paredes laterales del recipiente obtenido. Sin embargo, excepto en contados casos, dicha forma de fondo no es aplicable, por lo que se ha desarrollado un nuevo

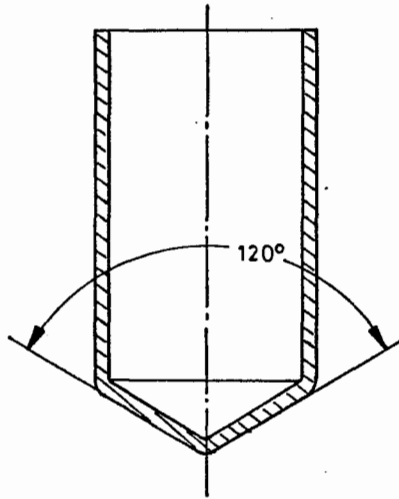


FIGURA # 22.- CONDICION IDEAL DEL FONDO DE RECIPIENTE EXTRUIDO.

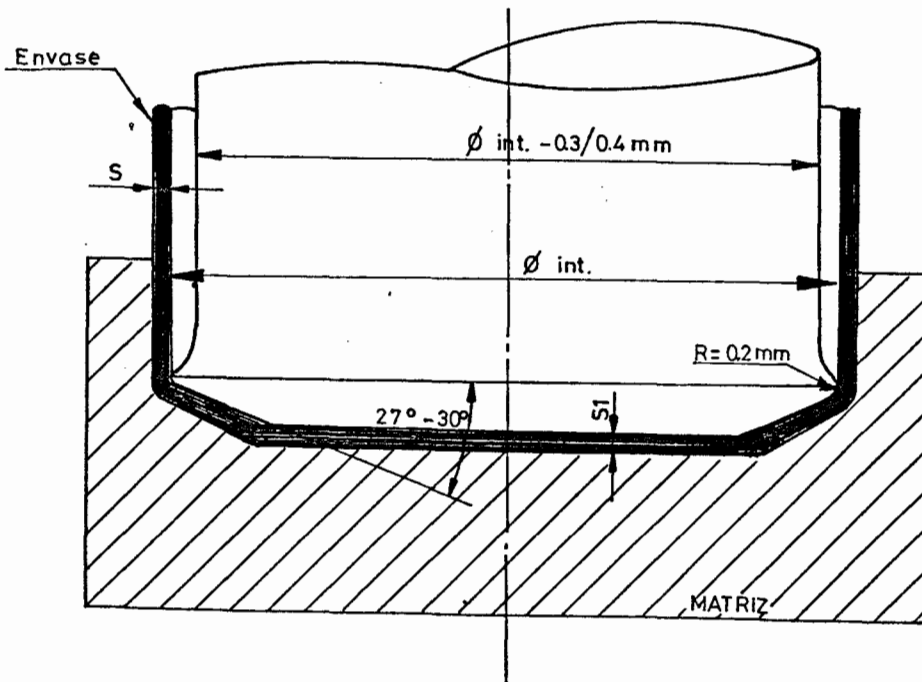


FIGURA # 23.- CARACTERISTICAS DEL PUNZON.

perfil que, sin modificar la forma exterior del recipiente, facilita por su perfil interior, que es el que corresponde al punzón, el proceso de corrimiento metálico, figura #23.

El diseño del punzón presenta un perfil muy particular:

1. El metal, al fluir roza solamente una arista, la cual determina el diámetro interior del recipiente; dicha arista no forma canto vivo, sino que se encuentra redondeado ligeramente, con un radio de 0.2 mm.
2. La arista que determina el diámetro interior del recipiente sobresale en 0.3 a 0.4 mm del resto del cuerpo del punzón, lo cual representa que el metal extruido roza solamente con la arista y no queda adherido al resto del cuerpo, facilitando con esto una mejor extracción de la pieza y, por otra parte, al disminuir la fricción se puede conseguir extrusiones más uniformes y regulares.
3. El punzón tiene su cara de ataque determinada, en principio por una superficie plana, que produce la compresión del volumen metálico a extruir y constituye, conforme se aproxima a la periferia, una curva de radio abierto, y dentro de un ángulo de 27 a 30 grados se une con la arista, que determina el diámetro interior del recipiente.
4. En la periferia se aloja una cantidad mayor de

metal, que proviene del centro del volumen a extruir, y que queda en condiciones de comenzar al instante de filado.

Una condición importantísima, tanto para la matriz como para el punzón, es el perfecto bruñido de las superficies por las cuales ha de fluir el metal, por lo tanto, los bordes de la arista del punzón deben estar perfectamente pulidos. Sin embargo, para evitar la flexión del punzón, la superficie del ataque suele dejarse rugosa, pues es la misma rugosidad la que evita la flexión. No obstante, aún en estas circunstancias deben siempre bruñirse muy escrupulosamente los bordes del punzón que determina el filado.

Después de torneear los punzones con el perfil adecuado según el envase a extruir, estos son templados y revenidos alcanzando una dureza de 62-64 Rc. Una vez templados se rectifican, dándoles la medida de especificación y el pulido necesario para permitir una buena fluidez del material.

#### 4.2. RECONSTRUCCION DE UN HORNO ELECTRICO PARA TRATAMIENTO TERMICO

Para realizar el tratamiento térmico de los punzones dentro de la planta, fue necesario reconstruir un horno eléctrico (ver figura 24), ya que se contaba con la estructura del mismo y por que presenta

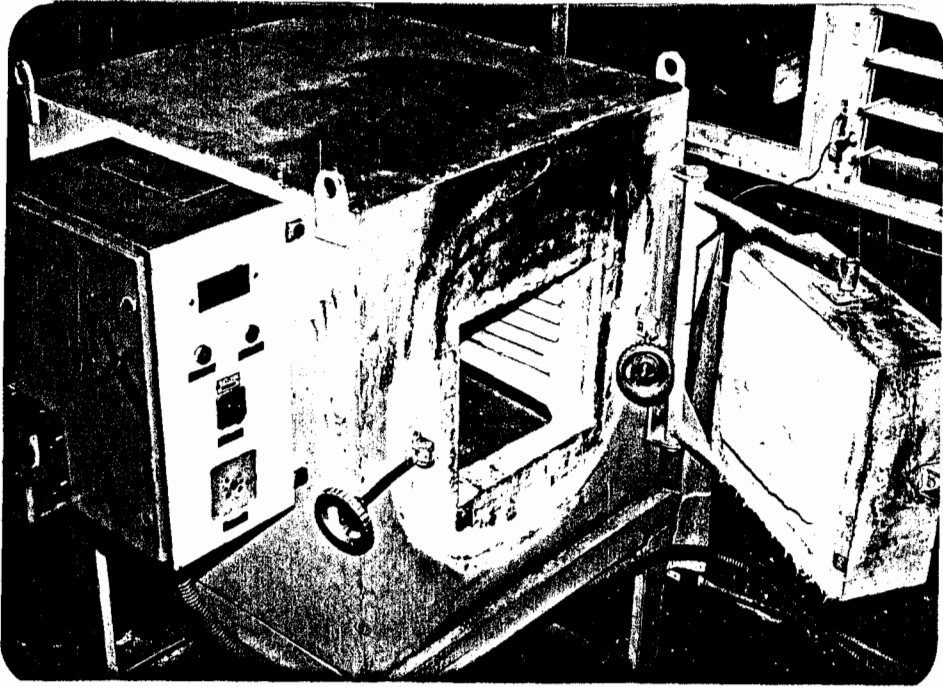


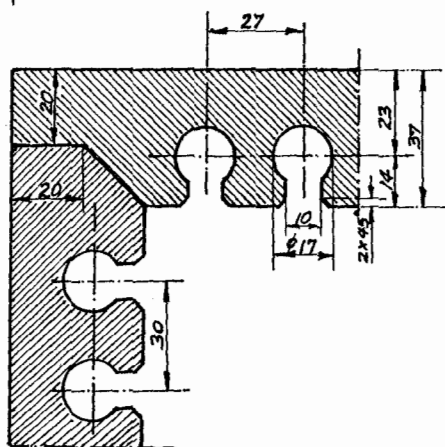
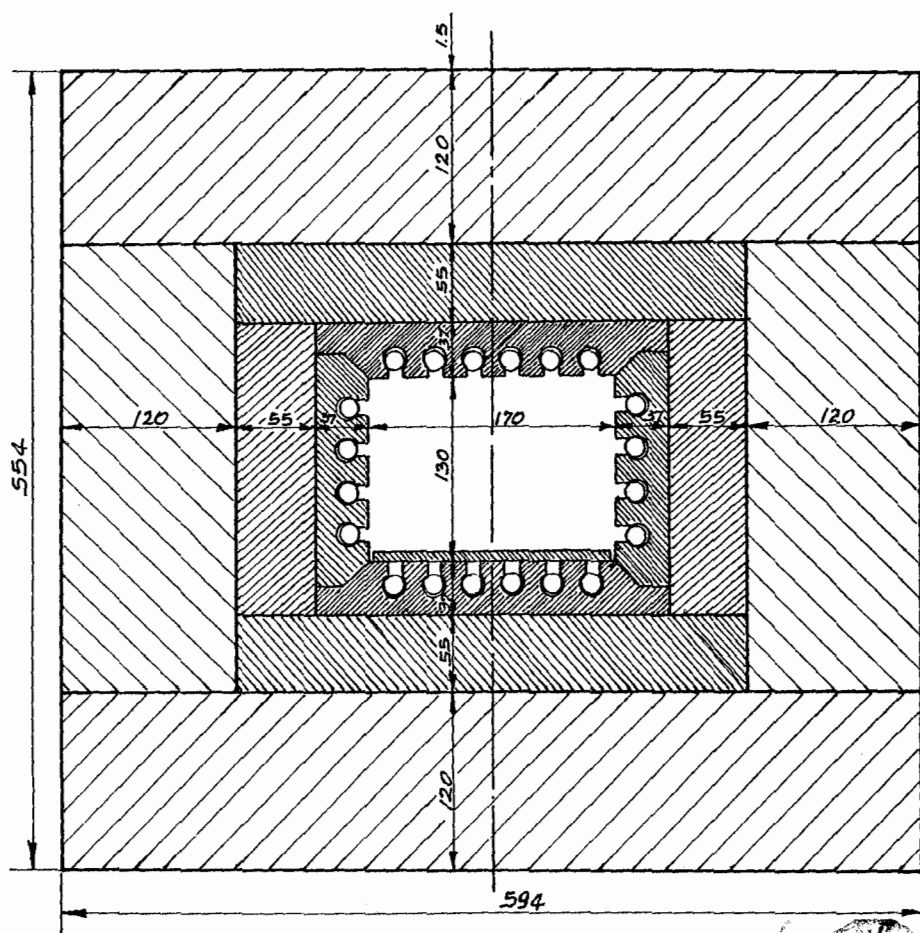
FIGURA #24.- HORNO RECONSTRUIDO.

numerosas ventajas, entre las cuales tenemos:

- Ventajas económicas e higiénicas por la supresión de combustible.
- Vigilancia exacta y sencilla de la temperatura mediante la regulación automática de elementos de control.
- Gran cantidad de adaptación a la producción continua.
- Mejoramiento de la calidad de los productos sometidos a tratamiento térmico.

Los parámetros que se fijaron para la reconstrucción del horno fueron los siguientes (ver figura referencial #25):

- Dimensiones interiores del horno:
  - 300 mm de alto
  - 300 mm de ancho
  - 400 mm de profundidad
- Temperatura del horno: 1200 °C
- Tensión de la red: 220 voltios. 3 fases
- Corriente alterna
- Potencia del horno: 12 Kw
- Material para resistencias: Alambre KANTHAL A-1 de 2.05 mm de diámetro y 0.45  $\Omega$ /mt.
- Material refractario para los bloques: Cemento MIL CRETE de la firma NATIONAL REFRACTORIES
- Control de temperatura: Control análogo marca OMEGA, model. 1922, 120 V, con termocupla tipo K.



BIBLIOTECA

FIGURA #25.- HORNO DE CAMARA.

Al calcular los bloques de las resistencias deben tenerse en cuenta la temperatura apropiada del elemento y la sección del material, puesto que estos factores ejercen una influencia decisiva sobre la duración. Por lo general, se trata de conseguir la duración que sea más rentable. La concentración de potencia de la pared del horno, la carga específica de superficie del material de resistencia, así como las condiciones de transmisión del calor, está en relación directa con la temperatura del elemento.

Para la construcción de hornos industriales es conveniente disponer la colocación de las resistencias en ladrillos de soporte provistos de ranuras abiertas, figura 26 a y b, con lo cual se consigue una radiación relativamente libre hacia la cámara del horno y la placa del suelo. Los elementos deben ser fácilmente cambiables. La abertura de la ranura de los ladrillos de soporte debe ser lo más ancha posible para no dificultar la radiación del calor del elemento hacia la cámara del horno, ver figura 27. Para los elementos del techo queda limitada la abertura de las ranuras por la necesidad de asegurar el elemento ante todo, dando así una fijación segura y bien apoyada.

El material cerámico empleado para la construcción de estos hornos deben cumplir con ciertas cualidades ya que tienen gran influencia sobre la conservación,



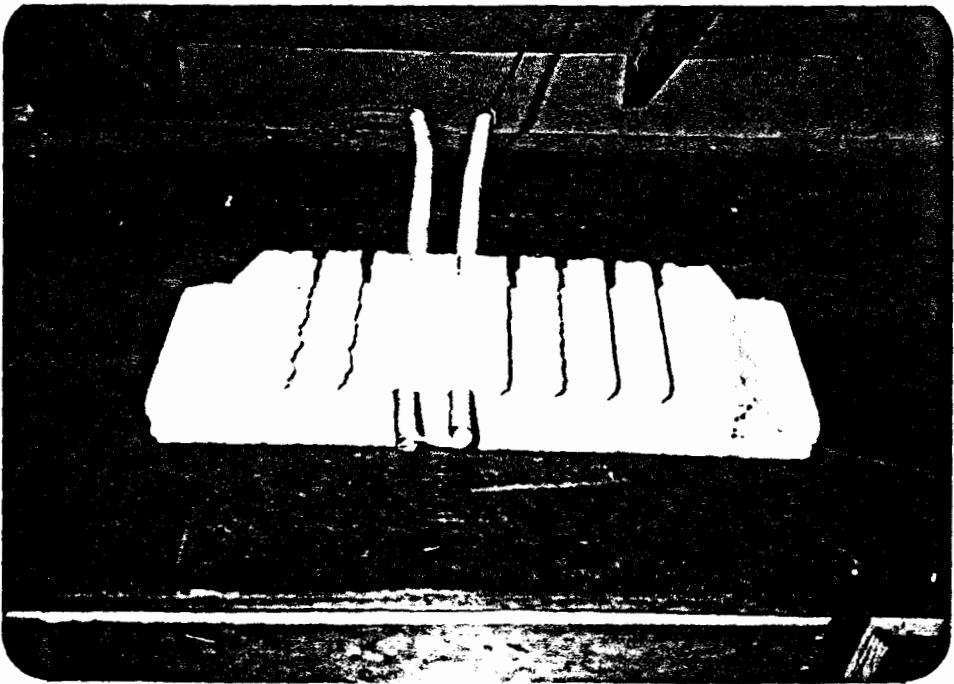
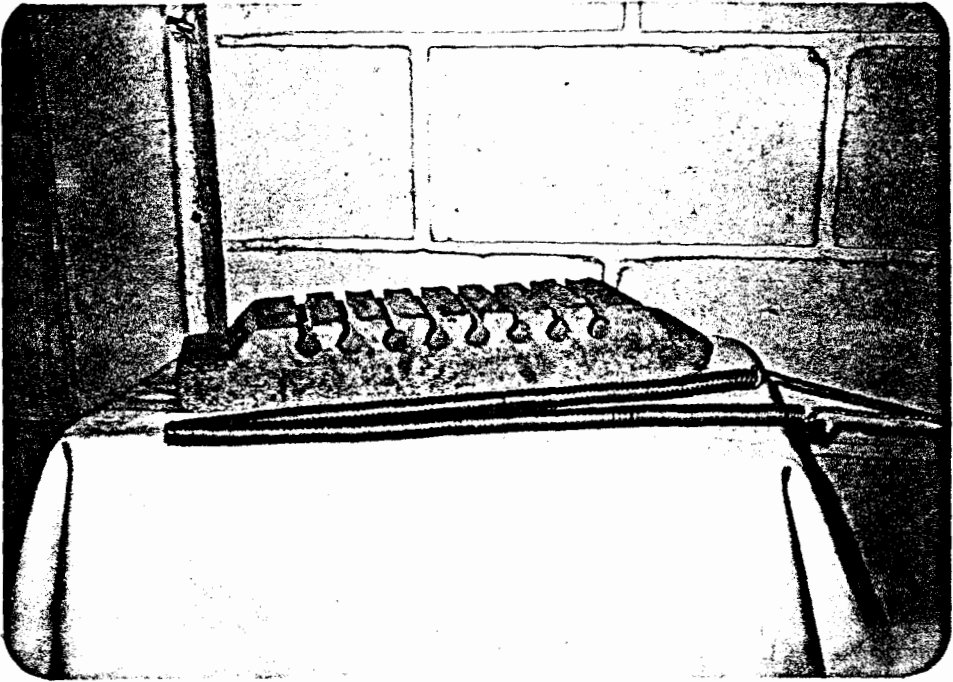


FIGURA #26.- LADRILLOS DE SOPORTE DE RESISTENCIAS.

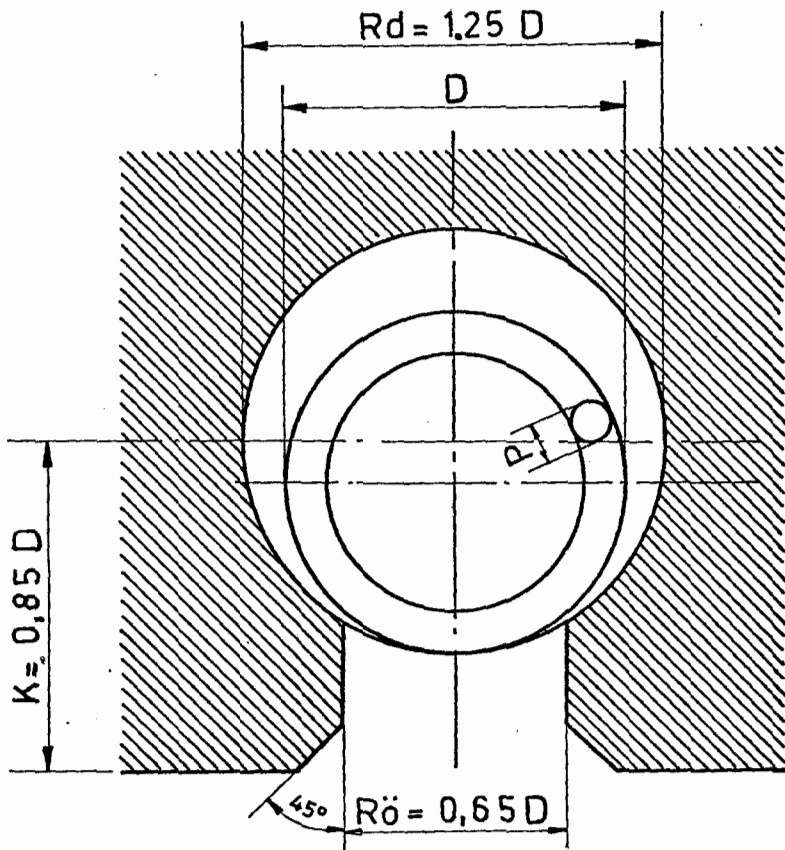


FIGURA #27.- RELACION DE MEDIDA ENTRE DIMENSION DE ELEMENTOS Y DIMENSIONES DE RANURA.

condiciones de servicio y el grado de rendimiento térmico del horno.

El que los cuerpos de soporte resistentes a elevadas temperaturas sean de buena calidad tiene gran importancia para la conservación y la duración de las resistencias. El contenido de aluminio será siempre superior al 40% y las combinaciones con hierro a ser posible inferiores al 1%. Es necesario, además, que el material sea pobre en álcalis.

La resistencia eléctrica del ladrillo de soporte cerámico debe ser elevada y el material debe poder soportar los rápidos cambios en los esfuerzos mecánicos y térmicos.

Especial atención hay que dedicar al dispositivo de control de la temperatura para evitar recalentamiento de la resistencia. Es, además importante que el horno y sobre todo los ladrillos de soporte queden protegidos contra salpicaduras de la fusión, residuos de oxidación y otras impurezas. Por lo mismo es recomendable que al proceder a la sustitución de elementos, se compruebe también el estado de los ladrillos de soporte.

#### 4.3. TRATAMIENTO TERMICO Y RECTIFICADO

Es de conocimiento universal, que el acero es el material de uso más difundido para la fabricación de herramientas. Las razones son, que el acero puede alearse con diferentes elementos y por lo tanto

impartirles las diferentes propiedades requeridas, y al mismo tiempo, dentro de ciertos límites, variar éstas por medio de su tratamiento térmico.

El tratamiento térmico, es por tanto, de una importancia muy grande, tanto para la fabricación de una herramienta, como para su vida de servicio, la cual está relacionada con la resistencia al desgaste del material de la misma. La resistencia al desgaste depende de la dureza del acero y de su contenido de carburos. El efecto combinado de estos dos factores da al acero -grado herramienta- su resistencia al desgaste.

Tanto la dureza como el contenido de carburo son afectados por el tratamiento térmico. La austenita disuelve los carburos, siendo este efecto más pronunciado a altas temperaturas y a tiempos de mantenimiento más largos. Cuando los carburos se han disuelto, el contenido de carburo en la matriz se incrementa y junto con esto la dureza de la estructura templada, la martensita. Sin embargo, como regla la reducción correspondiente de tenacidad limita el incremento en dureza que de esta manera puede permitirse.

En otras palabras, el incremento en la dureza de la matriz toma lugar a costa de la cantidad de partículas de carburos presentes en la misma. Los aceros altamente aleados contienen carburos de tal

tamaño y composición que no son completamente disueltos después de la austenización. Estos son los carburos que imparten una buena resistencia al desgaste. Los carburos son considerablemente más fuertes que la matriz y soportan mucha presión de la superficie generada por el deslizamiento del desgaste abrasivo.

El método empleado en la planta para el tratamiento térmico de los punzones es el denominado EMPAQUE, quizás el más comúnmente usado para proteger a las herramientas contra la descarburización. Ver figura 28.

Como regla general el procedimiento se ha llevado a cabo envolviendo los punzones en papel y amarrándolos con alambre de construcción con el fin de poder más tarde maniobrarlos; luego se los coloca en una caja de acero resistente al calor, recubriéndolos con placas de grafito para evitar que la superficie del acero se descarburize y oxide cuando se caliente a temperatura superior a los 600 o 700 °C.

Cuando el horno a llegado a la temperatura de 920°C, se introduce la caja con los punzones que se van a templar, bajándose la temperatura del mismo, pero después de veinte minutos aproximadamente, vuelve a la temperatura seleccionada y a partir de este momento se mantiene a los punzones por espacio de 30



BIBLIOTECA

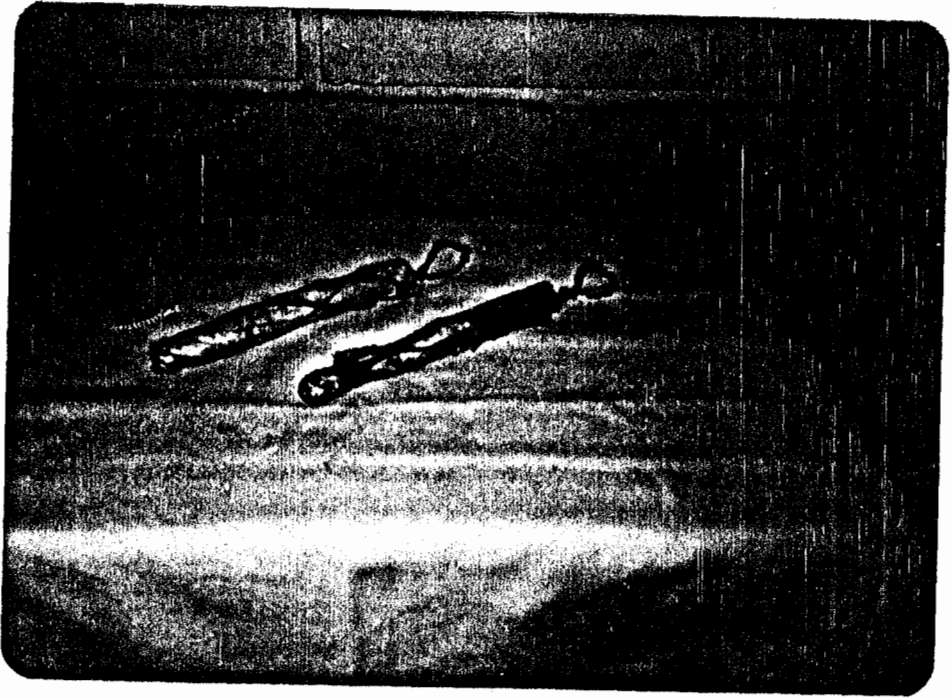


FIGURA #28.- PUNZONES PREPARADOS PARA SER TEMPLADOS.

a 40 minutos para después proceder a sacarlos de uno en uno e introducirlos en un tanque de aceite para realizar su temple.

Una vez logrado esto se toma la dureza de los punzones, llegándose a obtener 65 Rockwel C, por lo que es necesario hacerle uno o dos revenidos hasta lograr que adquieran la especificación de dureza adecuada.

Para hacer el revenido se colocan a los punzones en el horno, manteniéndolos por espacio de dos horas a 200°C, con enfriamiento intermedio hasta temperatura ambiente, obteniéndose finalmente que los mismos alcancen una dureza de 62 a 64 Rockwel C.

En estas condiciones los punzones son rectificadas para que adquieran el perfil adecuado y su superficie sea lo más pulida posible, para facilitar el proceso del corrimiento metálico.

En la fabricación de los punzones el rectificado es una operación muy común y costosa. A pesar de que el rectificado se realiza después del tratamiento térmico, es muy importante que éste se lleve a cabo correctamente. Si el contenido de austenita retenida es muy alto este puede transformarse en martensita frágil después del rectificado, aumentando el riesgo de agrietamiento.

El rectificado es una forma de maquinado con arranque de viruta. Las partículas de abrasivo en la

rueda pueden considerarse como parte de la viruta de la herramienta. Estos granos abrasivos pueden tener una forma desfavorable, con ángulos de corte indeseables y esto aunado a la alta velocidad de corte, nos conduce a calentamientos locales de las piezas. Ver figura 29.

El tamaño y la forma de las partículas de carburo en el acero y el tamaño de los granos de abrasivo afectan también los resultados del rectificado. Bajo condiciones desfavorables de rectificado la pieza puede verse afectada por lo siguiente:

- Esfuerzos y tensiones internas son introducidas dentro de la pieza de trabajo.
- La dureza de la superficie se reduce.
- Se pueden producir grietas de rectificado.
- Pueden resultar efectos del re-temple.

En el rectificado burdo, las tensiones internas se introducen superficialmente. Es por esto muy importante que la tolerancia del rectificado sea suficiente para un rectificado fino final, para que de esta forma sea removida dicha capa superficial. Las tensiones del rectificado pueden ser aliviadas por medio de la operación de relevo de esfuerzos a aproximadamente 25 °C abajo de la temperatura de revenido previamente utilizada.

La variación de la dureza en la superficie ocasionada por un revenido defectuoso o re-templado,



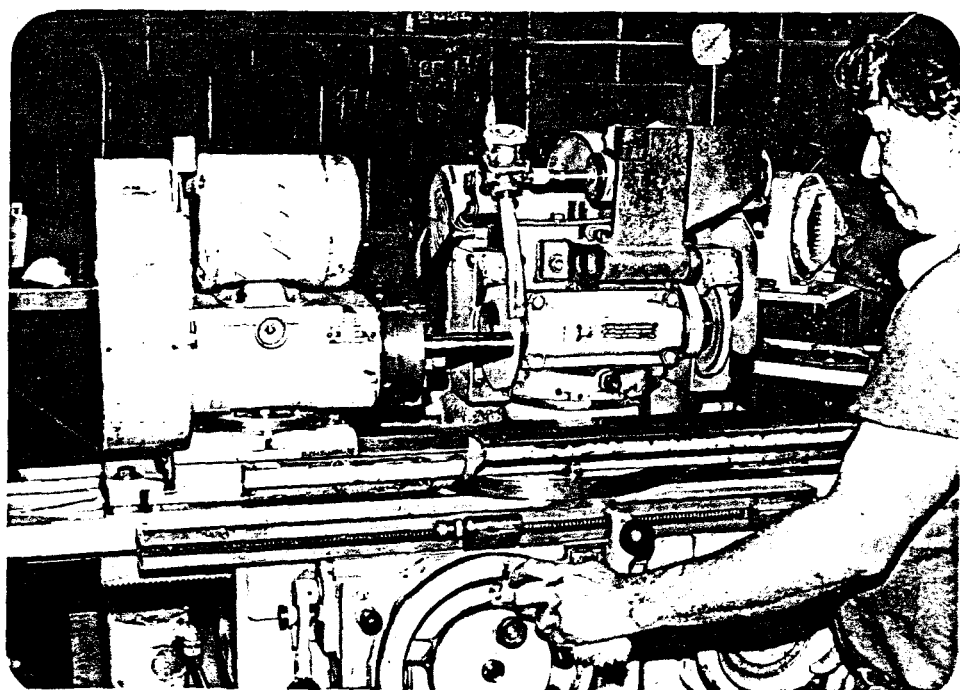


FIGURA #29.- RECTIFICANDO UN PUNZON.

puede causar sobrecalentamientos locales durante el rectificado, para minimizar estos riesgos se recomienda:

- Usar un líquido refrigerante
- Reducir la presión del rectificado
- Usar ruedas abrasivas de corte libre y apropiadamente revestidas.



BIBLIOTECA

## CAPITULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD

Después de haber logrado exitosamente la construcción de los punzones en la misma planta de acuerdo a las especificaciones preestablecidas, éstos fueron instalados en las prensas de extrusión para su evaluación tanto en la resistencia al impacto como en el aumento de la productividad, dando como resultado que después de seis meses de control se obtiene que el problema de quebraduras de los mismos se ha disminuido notablemente, evitándose con ésto las paradas continuas que existían anteriormente, y consiguiendo así mismo un aumento en la eficiencia de las máquinas.

Anteriormente a éste evento se tenía que la eficiencia acumulada de la prensa #1; por ejemplo, era de 59.3% y al cabo de seis meses se obtiene que este valor ha aumentado en 12.5% y como consecuencia de esto la eficiencia total de la planta se incremento en 3.2%. Ver tabla #1.

#### 5.2. DURABILIDAD

Con el tratamiento térmico que se aplica actualmente a los punzones que se construyen en la planta, se ha logrado mantener las dimensiones de los mismos

EQUIPO	EFICIENCIA ACUMULADA ANTES	MESES DE EVALUACION						EFICIENCIA ACUMULADA DESPUES	AUMENTO DE EFICIENCIA
		1	2	3	4	5	6		
PRENSA #1	59.3	68.6	72.0	73.0	67.7	70.5	79.1	71.8	12.5
PRENSA #2	61.0	68.3	70.6	71.9	70.4	72.2	76.6	71.6	10.67
PRENSA #3	72.7	77.9	87.2	84.9	83.0	83.0	86.1	83.76	11.06
EFICIENCIA TOTAL PLANTA	77.0	79.6	79.4	79.6	78.1	80.9	84.0	80.26	3.26

TABLA #1.- EFICIENCIAS OBTENIDAS EN LAS PRENSAS DE EXTRUSION USANDO PUNZONES CONSTRUIDOS EN LA PLANTA.

dentro de los límites requeridos, dando como resultado que la producción de envases se mantenga a la par con la obtenida con los punzones importados y por lo tanto su vida útil haya aumentado considerablemente.

A continuación (tabla #2 y #3), tabulamos las producciones de envases obtenidas con un punzón importado y con un punzón construido localmente, durante seis días de trabajo continuo; ambos punzones son de 35 mm de diámetro por 200 mm de largo.

DIAS DE PRODUCCION	I TURNO	II TURNO	SUBTOTAL
1	72576	60480	133056
2	64512	54432	118944
3	56448	48384	104832
4	76608	64512	141120
5	63504	60480	123984
6	63504	65520	129024
		TOTAL	750960

TABLA #2.- CANTIDADES DE ENVASES PRODUCIDOS CON PUNZON IMPORTADO.

DIAS DE PRODUCCION	I TURNO	II TURNO	SUBTOTAL
1	47376	72576	119952
2	-----	15120	15120
3	68544	60480	129024
4	64512	68544	133056
5	71568	69552	141120
6	60480	64512	124922
		TOTAL	663264

TABLA #3.- CANTIDADES DE ENVASES PRODUCIDOS CON PUNZON CONSTRUIDO LOCALMENTE.

### 5.3. AHORROS CONSEGUIDOS

El hecho de que la producción de envases realizada con un punzón construido localmente esté equiparada a la producción realizada con un punzón importado, nos dá una idea clara del ahorro conseguido al usar el punzón nacional debido a que el valor de su construcción es mucho más bajo que el valor del punzón importado.

Basados en la última cotización recibida de los punzones importados y tomando como ejemplo la construcción local del punzón #3 de 35 mm de diámetro por 200 mm de longitud (ver tabla #4 y

tabla #5), resulta que el ahorro conseguido por unidad es de US \$ 75.9. Este valor varía de acuerdo a la cotización diaria del dólar americano en nuestro medio, pero a pesar de esto el ahorro obtenido es considerable.

---

TIPO DE PUNZON	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	PRECIO UNITAR US \$
1	12	180	42.86
2	25	200	79.84
3	35	200	105.59

---

TABLA #4.- VALORES DE LOS PUNZONES IMPORTADOS.

---

PRECIO MATERIAL	S/. 5910 c/kilo
	+ 10% ITM
PESO DE 1m DE ACERO XWS DE 35 mm DE DIAMETRO	7.6 kilos
MANO DE OBRA POR PUNZON	S/. 5710
COTIZACION DEL DOLAR	S/. 525
VALOR PUNZON CONST. EN PLANTA	US \$ 29.69
DIFERENCIA DE PRECIO	US \$ 75.90

---

TABLA #5.- CALCULO DEL AHORRO CONSEGUIDO.

## CONCLUSIONES

Es meritorio reconocer el trabajo realizado por el grupo de personas que lograron éste objetivo ya que además de conseguir bajar los costos de producción se demuestra el deseo de aplicar los conocimientos adquiridos tanto en la vida práctica como en las aulas universitarias.

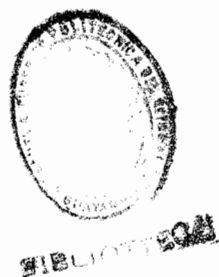
- La construcción de recipientes mediante la extrusión permite que con facilidad se pueda modificar el espesor de las paredes y del fondo de los mismos.
- Para lograr una buena producción de envases las herramientas de extrusión deben estar bien pulidas y perfectamente alineadas y el perfil del punzón debe ser el más conveniente, de tal forma que favorezca el corrimiento del metal.
- El costo de producir los punzones en la planta es inferior al de importación.
- Se cubre la demanda actual de punzones de la planta y se evita al mismo tiempo la fuga de divisas al extranjero.
- El proceso del tratamiento térmico empleado en los punzones les da características similares a los punzones importados.
- Se recomienda hacer varias pruebas a diferentes temperaturas y tiempo tanto para templar como para revenir hasta conseguir los parámetros óptimos de trabajo.
- Cuando la matriz haya llevado trabajando cierto tiempo



- es conveniente pulirla nuevamente para quitarle toda aspereza que se haya podido formar durante el trabajo.
- Las piezas o discos sometidos a extrusión deben ser lisos y no deben tener defectos en sus bordes ni grietas en su estructura.
  - Usar todos los equipos de seguridad adecuados para realizar el tratamiento térmico de los punzones.



## BIBLIOGRAFIA



- 1.- T. López, Troquelado y Estampado (4<sup>ta</sup> edición; Barcelona: Edit. Gustavo Gili S.A., 1969), pp. 184-226.
- 2.- P. Barand y R. Gadeau, Enciclopedia del Aluminio (1<sup>ra</sup> edición; Barcelona, 1974), pp. 179-208.
- 3.- ASSAB, XW5 Acero para Herramientas para Trabajos en Frio (Uddeholm, Hagfors, Suecia).
- 4.- A. Johansson, ASSAB Informa Acerca de los Aceros para Herramientas de Punzonado y Formado (Uddeholm, Hagfors, Suecia).
- 5.- A. Karlsson, Tratamiento Térmico de los Aceros para Herramientas (Uddeholm, Hagfors, Suecia).
- 6.- S. Samuelsson, Tratamiento Térmico y Selección de Aceros Grado Herramienta (Estocolmo, Suecia).
- 7.- KANTHAL, Manual de Construcción (Hallstahammar, Suecia, 1951).