

2ej 122

Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE INGENIERIA



EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

HECTOR SANTIAGO SEGOVIA DURAN

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

		PAG.
CAPITULO I	INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II	MATERIALES PLASTICOS.....	2
	II. 1. - GENERALIDADES	
	II. 2. - TERMOPLASTICOS EXTRUIBLES	
	II. 3. - APLICACIONES DE LOS MATERIALES EXTRUIBLES	
	II. 4. - MATERIALES ELASTOMERICOS	
CAPITULO III	EXTRUSION.....	65
	III. 1. - GENERALIDADES	
	III. 2. - EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
	III. 3. - MAQUINARIA DE EXTRUSION	
	III. 4. - MAQUINA EXTRUSORA DE UN TORNILLO	
	III. 5. - MAQUINA EXTRUSORA DE TORNILLO MUL- TIPLE	
CAPITULO IV	EQUIPO AUXILIAR EN INSTALACIONES PARA EXTRUSION.....	134
	IV. 1. - GENERALIDADES	
	IV. 2. - EQUIPO PARA ALIMENTACION DE MATERIAL TERMOPLASTICO	
	IV. 3. - EQUIPO PARA MANIPULAR EL PRODUCTO	
	IV. 4. - PROCESOS ESPECIFICOS DE EXTRUSION	
CAPITULO V	DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION DE - TERMOPLASTICOS.....	192
	V. 1. - GENERALIDADES	
	V. 2. - DESCRIPCION DE UN DADO O MATRIZ PARA- EXTRUSION	
	V. 3. - MATERIALES EMPLEADOS PARA FABRICAR - DADOS O MATRICES	
	V. 4. - PROCESOS DE FABRICACION DE DADOS O - MATRICES PARA EXTRUSION	
	V. 5. - ASPECTOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION	

		PAG.
	V.6. - TIPOS DE DADOS O MATRICES PARA - EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
CAPITULO VI	MAQUINAS ESPECIALES DE EXTRUSION. .	271
	VI. 1. - GENERALIDADES	
	VI. 2. - EXTRUSORAS DE DESPLAZAMIENTO PO - SITIVO	
	VI. 3. - ESTRUSORA ELASTODINAMICA	
	VI. 4. - EXTRUSORA HIDRODINAMICAS	
	VI. 5. - OTROS TIPOS DE EXTRUSORAS	
CAPITULO VII	PROCESOS RELACIONADOS CON LA EX - TRUSION.	292
	VII. 1. - GENERALIDADES	
	VII. 2. - MOLDEO POR SOPLADO	
	VII. 3. - FORMADO AL VACIO	
CAPITULO VIII	ANALISIS TECNICO ECONOMICO EN LA - FABRICACION NACIONAL DE EXTRUSO - RAS.	320
CAPITULO IX	CONCLUSIONES.	331
	ANEXO "A" RECOMENDACIONES PARA SELECCION - Y OPERACION DE EXTRUSORAS	
	ANEXO "B" GUIA GENERAL PARA ELEGIR UNA MA - QUINA DE EXTRUSION.	
	ANEXO "C" PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESEN - TAN EN LA EXTRUSION Y SUS SOLUCIO - NES	
	BIBLIOGRAFIA.	339

CAPITULO I

INTRODUCCION

La intención del presente trabajo es abordar un estudio objetivo acerca del proceso de Extrusión de Termoplásticos.

Aunque los orígenes de este proceso provienen del Siglo XIX, en los últimos 40 años se ha logrado un avance tecnológico significativo en cuanto a diseño y funcionamiento se refiere, siendo las aportaciones tecnológicas más importantes las de Alemania, Italia, Inglaterra y Estados Unidos.

Debido a la importancia que dicho proceso ha adquirido en nuestro país, esta tesis presenta una visión actual y sintetizada sobre propiedades y comportamiento de los Termoplásticos, así como, procesos y Máquinaria inherentes a los mismos.

Es nuestro deseo que esta Tesis sirva de alguna forma a toda aquella persona interesada en el tema, esté o no relacionada con la Industria de los Plásticos.

CAPITULO II

MATERIALES PLASTICOS

II. 1. - GENERALIDADES.

Los materiales plásticos son sustancias orgánicas caracterizadas por dos propiedades totalmente diferentes: el estado resinoso y la constitución macromolecular. El estado resinoso, ha sido un tanto cuanto difícil de definir, por lo que aprovecharemos el concepto dado por SCHEIBER, el cual nos dice que las resinas son sustancias vitreas y amorfas, esto es sólido-líquidos, que no poseen punto de fusión fijo debido a que al aplicarle calor su fren solamente un gradual descenso de su viscosidad.

Además de su estado general amorfo, las materias plásticas se caracterizan por su tamaño molecular. Sus pesos moleculares suelen ser de 10,000 a 1,000,000 y superiores. Los compuestos no presentan un peso molecular uniforme, pues están constituidos en la mayor parte de los casos por una mezcla de moléculas con diversos tamaños moleculares, por lo que solamente se puede determinar un valor medio.

En el campo de las estructuras moleculares, se deberá distinguir entre las moléculas tridimensionales (termoendurecidas) y las de una sola dimensión en cadenas filiformes (termoplásticas).

Si las moléculas se desarrollan en dirección de la valencia principal y son por consiguiente bifuncionales, los compuestos derivados se definen como formaciones en cadena.

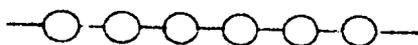


FIG. II. 1

Esta cadena puede presentarse también con ramificaciones transversales.

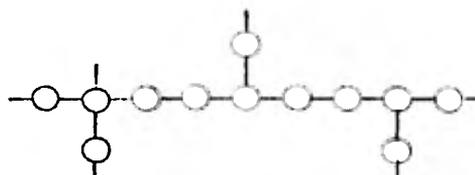


FIG. II. 2

Cuando estas cadenas transversales unen entre si diversas cadenas principales, el compuesto derivado se llama reticular.

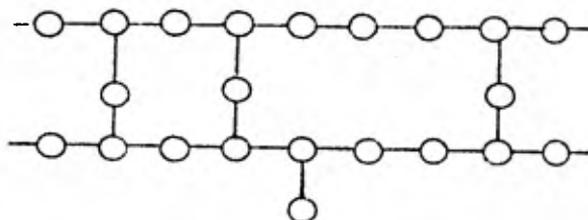


FIG. II. 3

Si la formación en lugar de desarrollarse en un plano se hace en el espacio, se forman como productos finales moléculas rígidas e insolubles.

Es obvio que las diferentes fundamentales en la constitución de la molécula, repercute también en sus propiedades.

Las materias plásticas formadas por moléculas de cadenas lineales,

se denominan termoplásticos y son siempre más o menos elásticas, propiedad que aumenta con la longitud de la molécula.

Si las cadenas lineales presentan ramificaciones transversales y estas se aprovechan para unir otras cadenas principales entre sí, pero en pocos puntos, las sustancias resultan fuertemente estirables. Esta estructura es propia de las sustancias al estado elástico (goma natural, elastómeros sintéticos, vulcanizados etc).

En las macromoléculas tridimensionales, ocurre lo contrario. La elasticidad decrece al aumentar el tamaño molecular, la solubilidad y fusibilidad, van desapareciendo hasta llegar a un estado final en el que prácticamente resultan insolubles e infusibles.

Se conocen en la actualidad diversos métodos para lograr la formación de sustancias macromoleculares que son:

- A). - La transformación de macromoléculas ya existentes en la naturaleza, en productos explotados técnicamente.
 - B). - Policondensación.
 - C). - Polimerización.
 - D). - Poliadicción.
- A). - La transformación de macromoléculas ya existentes en la naturaleza, en productos explotados técnicamente.

La naturaleza ha creado, en las secreciones resinosas vegetales, en la celulosa, en las proteínas, en la goma natural y en otros compuestos, moléculas que en su forma no son aptos para una elaboración químico-técnica.

Por tanto, se ha investigado ya hace tiempo la forma de transformar químicamente ciertos reagrupamientos moleculares, para obtener productos técnicamente aprovechables. La aplicación de métodos clásicos de la química que ya se habían empleado en los compuestos de bajo peso molecular, como acetilaciones, cloruraciones, nitraciones, etc., ha permitido obtener interesantes productos como las resinas naturales modificadas para barnices, la seda artificial, el celuloide, el ACETATO DE CELULOSA y muchos otros.

B). - Policondensación.

Es éste uno de los caminos para la preparación de macromoléculas completamente sintéticas. Por condensación se sobreentiende la unión de 2 ó más moléculas que producen una nueva mayor con eliminación de compuestos, como agua, ácido clorhídrico, amoníaco, etc..

A diferencia de la polimerización, la policondensación va disminuyendo hasta terminarse apenas ha adquirido tal estado.

A pesar de que se trate, naturalmente, de eliminar con la máxima rapidez el agua que se forma en la mezcla, para favorecer la formación de resina, no se consigue realizarlo completamente con facilidad. La masa resulta, con el progreso de la reacción siempre más viscosa. Es éste hecho la causa de que el peso molecular de los policondensados sea inferior a el de los productos de polimerización.

Pertencen a los policondensados los productos de condensación entre (formica y fenoles), anila, urea, protefna, además los SUPER POLIAMINAS (NYLON), los poliesters (resinas glifalicas) y los compuestos carbonf-

licos (aldehidas y cetonas).

C). - Polimerización.

Otro camino para la producción de sustancias de alto peso molecular es el de la polimerización, que presenta una reacción continua de adición sin separación de otros productos. El polímero en este caso se puede considerar matemáticamente como la integral del monómero, del que posee la misma composición porcentual y su peso molecular será un múltiplo del peso molecular del monómero de partida.

La longitud de la cadena está en función de la cantidad de catalizador añadido, ésto, es cuantas menos moléculas se activan, tanto más largas serán las cadenas que se forman, cuanto más catalizador se emplee se consiguen cadenas más cortas.

Los Catalizadores más importantes de la polimerización son los peróxidos orgánicos e inorgánicos, como por ejemplo peróxido de benzoilo, peróxido de hidrógeno, el fluoruro de boro, tetracloruro de estaño, y los metales alcalinos.

Los inhibidores son sustancias que impiden o retardan la polimerización. Estabilizan el monómero y evitan que durante su transporte pueda sufrir una polimerización espontánea.

Se comportan como inhibidores los quinonos, los hidroquinonos, las aminas, los fenoles, etc.

Los Estabilizadores se utilizan para neutralizar algunas sustancias -

que pueden afectar el polímero definitivo.

Al cloruro de polivinilo por ejemplo se le añade un poco de sosa para neutralizar el ácido clorhídrico.

Se conocen diversas técnicas para transformar el monómero mediante polimerización:

- a). - Polimerización en bloque.
- b). - Polimerización en solución.
- c). - Polimerización en emulsión.
- d). - Polimerización en suspensión.
- e). - Polimerización en dispersión.
- f). - Polimerización bajo presión.
- g). - Polimerización estereo específica.
- i). - Polimerización rayos gamma.

Gran parte de los materiales termoplásticos, son obtenidos mediante el proceso de polimerización, por ejemplo tenemos el POLIETILENO, POLIESTIRENO, POLIPROPILENO, CLORURO DE POLIVINILO, POLITETRAFLUORURO ETILENO, ABS, SAN, ETC.

D). - Poliadicción.

Un procedimiento más moderno para la preparación de macromoléculas, consiste en la polimerización condensada con migración de Hidrógeno - llamada brevemente también "Poliadicción".

Este proceso no se limita solamente a moléculas de la misma natura

leza, sino al contrario, éste método se emplea también en la técnica de los altos polímeros por la posibilidad de hacer reaccionar entre sí diversas moléculas.

Algunos de los productos fabricados bajo esta técnica tenemos a los -
POLIURETANOS, POLIESTERS.

II. 2. - TERMOPLASTICOS EXTRUIBLES.

Dentro de este capítulo hemos querido seleccionar algunos materiales extruibles, clasificados de acuerdo a los métodos de preparación vistos anteriormente.

De cada uno de ellos damos una breve descripción de su obtención, una lista de sus propiedades físicas y químicas así como algunas marcas comerciales que se encuentran en el mercado nacional e internacional. Además se presenta un perfil de temperaturas de extrusión.

Todos estos datos creemos que pueden ser de mucha utilidad para el ingeniero, en la ayuda de la selección del material adecuado para el desarrollo de un mejor producto.

Estos datos en su mayoría fueron obtenidos de catálogos comerciales, por lo que un producto similar puede existir alguna pequeña variación, sobre todo en los perfiles de temperatura. Los cuales pueden modificarse un poco, de acuerdo al tipo de extruder, medio ambiente, etc.

A continuación damos una lista de los productos termoplásticos más usados en extrusión.

a). - Transformación de macromoléculas naturales en productos explotados técnicamente.

ACEFATO DE CELULOSA.

b). - Policondensación.

POLIAMIDAS (NYLON).

c). - Polimerización.

POLIETILENO	BAJA DENSIDAD
POLIETILENO	ALTA DENSIDAD
POLIETILENO	RESISTENTE FLAMA
POLIETILENO	CELULAR
POLIPROPILENO	
POLIESTIRENO	
ABS	(ACRILONITRILO BUTADIENO STYRENO)
SAN	(ACRILONITRILO COPOLIMERO STYRENO)
HULES TERMOPLASTICOS	(TPR)
PVC RIGIDO	
PVC FLEXIBLE	
TEFLON	

d). - Poliadiación.

POLIURETANO.

ACETATO DE CELULOSA.

Se manufactura por esterificación de la celulosa, con una mezcla de ácido acético y anhídrido acético, en presencia de un catalizador como el ácido sulfúrico o el cloruro de Zinc; el producto así obtenido son escamas. La escama y el plastificante se combina para formar cueros, que se desintegran para dar materiales para extrusión e inyección.

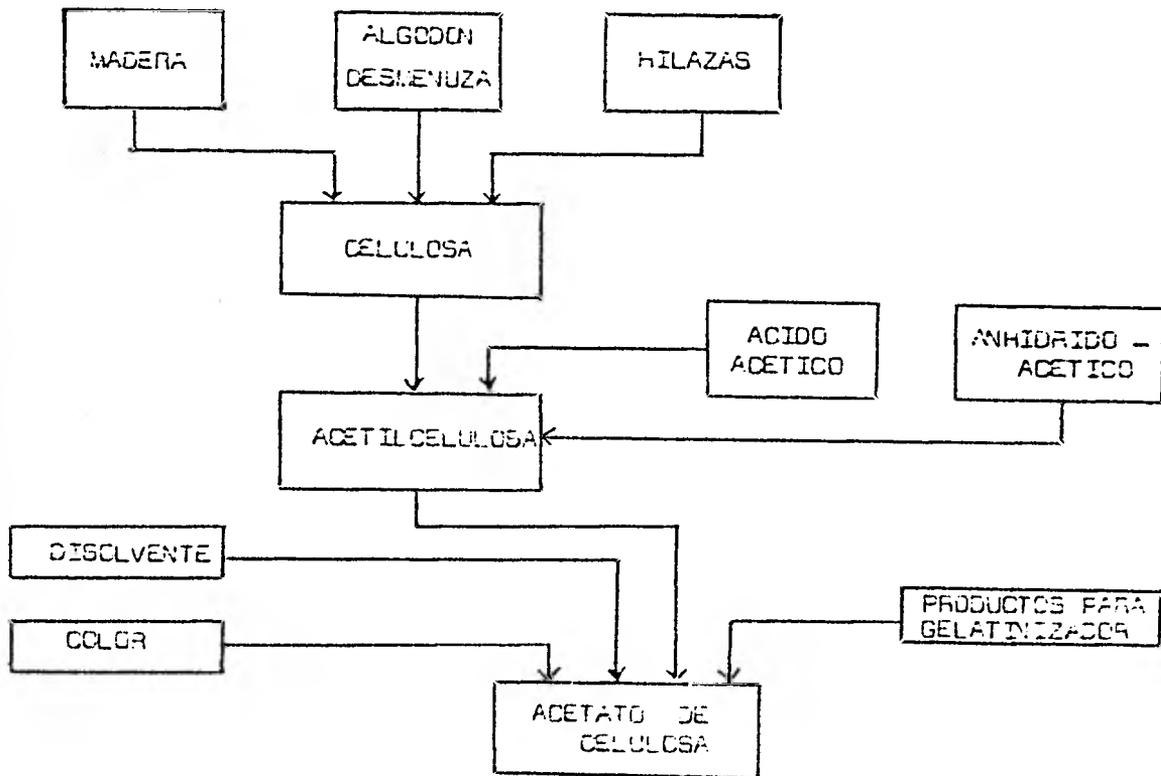


FIG. II. 4

PROPIEDADES FISICAS ACETATO DE CELULOSA:

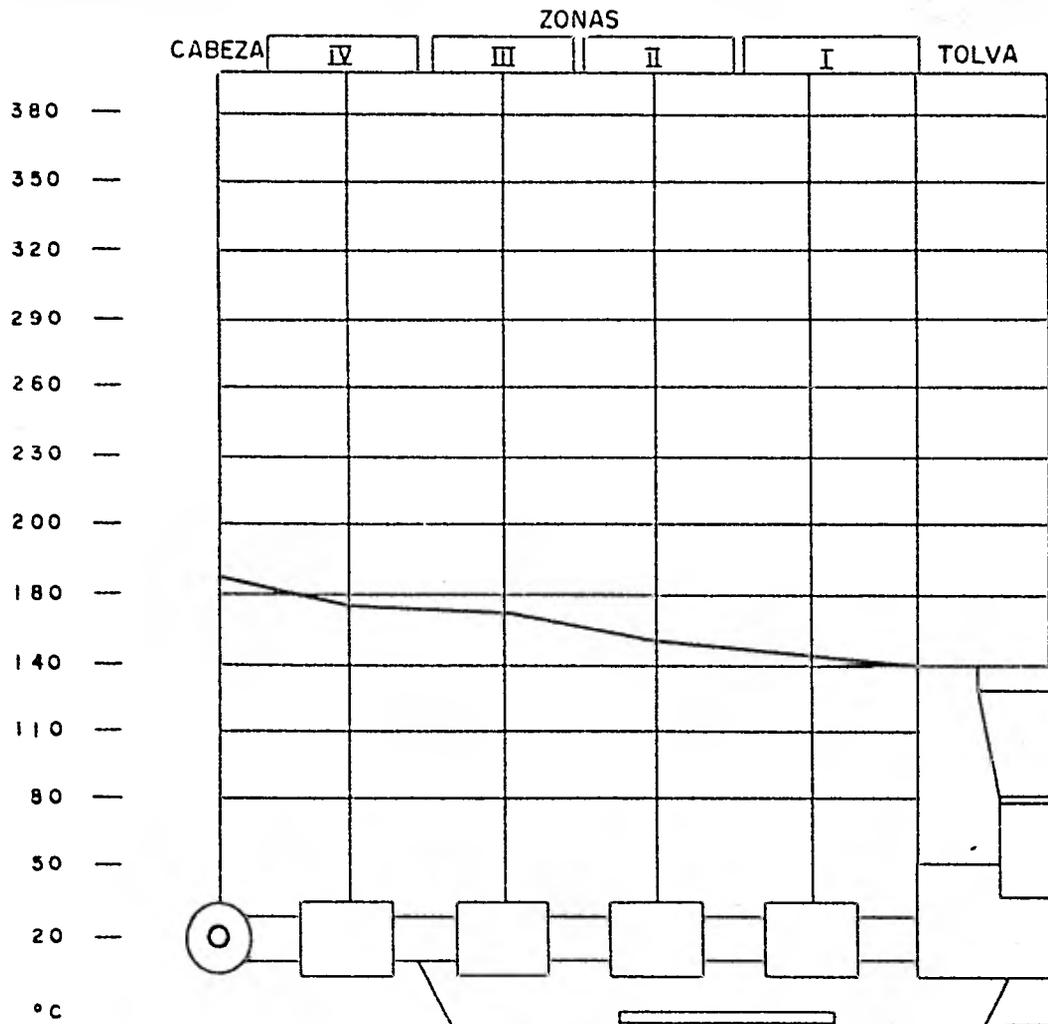
PESO ESPECIFICO	1.3 g /CM ³
RESIST. TRACCION	50 KG/CM ²
% ALARGAMIENTO	25 a 40
RIGIDEZ DIELECTRICA	45,000 VOLTS/MM
CONSTANTE DIELECTRICA 1 MHZ	4 a 5.5
RESISTENCIA AL CALOR	60 - 85° C.
INDICE DE REFRACCION	1.48
DUREZA ROCKWELL	R85 - R120
RESISTENCIA VOLUMETRICA	10 ¹¹ - 10 ¹⁵ OHMS/CM

PROPIEDADES QUIMICAS ACETATO DE CELULOSA:

EFFECTO DE LA LUZ SOLAR	PEQUEÑO
RESIST. A LA FLAMA	MALO (ARDE)
EFFECTO DE LOS ACIDOS DEBILES	PEQUEÑO
EFFECTO DE LOS ACIDOS FUERTES	DESCOMPONE
EFFECTO DE LOS ALCALIS DEBILES	PEQUEÑO
EFFECTO DE LOS ALCALIS FUERTES	HINCHADO
EFFECTO DE LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE

PRODUCTOS COMERCIALES:

CELLIDOR A	DYNAMIT	ALEMANIA
PASTACELE	DU PONT	U. S. A.
FIBESTOS	MONSANTO	U. S. A.
RESYN	NATIONAL ADHESIVE	U. S. A.

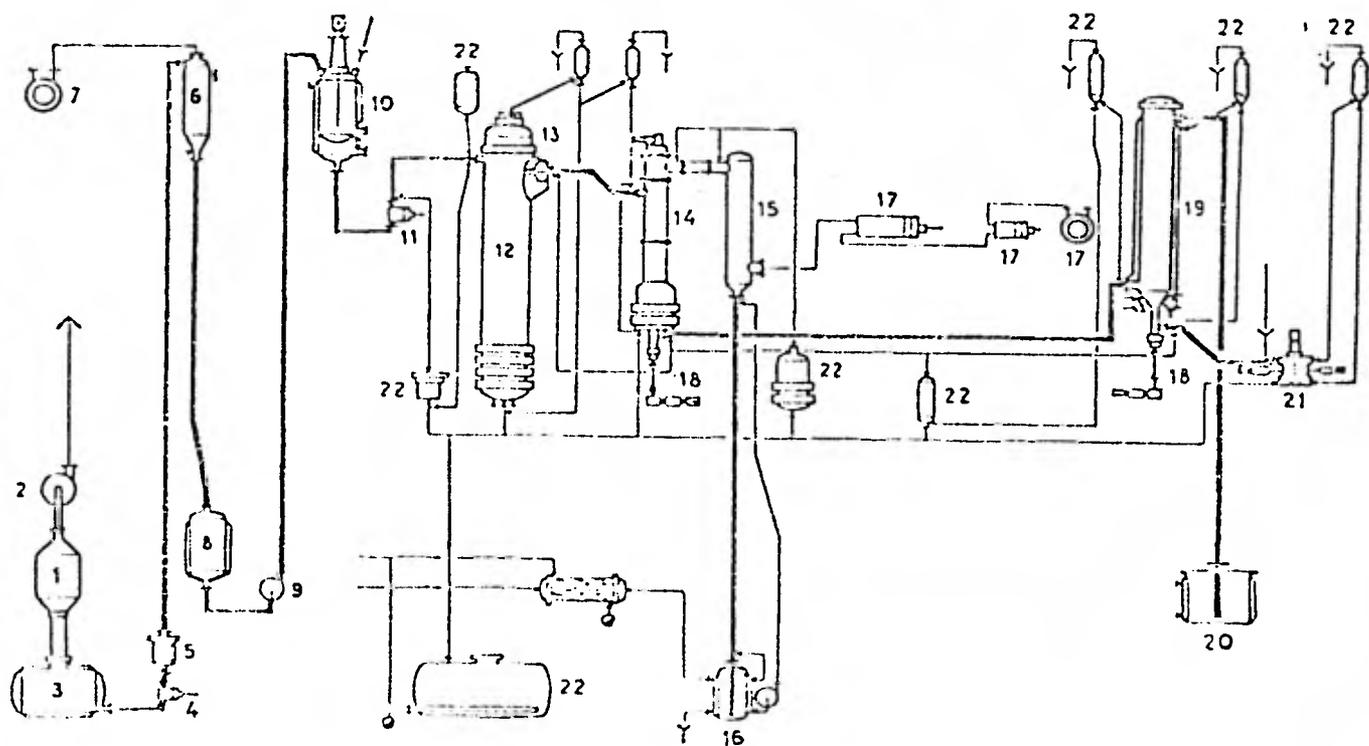


ACETATO CELULOSA

TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II. 5	

* NYLON (POLIAMIDAS)

Es un Grupo de Poliamidas de elevado peso molecular, que típicamente se producen por la condensación de un ácido dibásico tal como el ácido adípico y una diamina como la diamina del Hexametileno. Los Nylons se distinguen por un número tal como Nylon 6, Nylon 66, Nylon 11, etc. Estos números se refieren a los átomos de carbono presentes en los reactivos que se usan para preparar el polímeros del Nylon.



INSTALACION PARA PRODUCCION DE NYLON 66

FIG. II. 6

INSTALACION PARA PRODUCCION DE NYLON 66

1. - Carga lactama.
2. - Aspiración de polvo.
3. - Caldera de fusión.
4. - Bomba.
5. - Filtro.
6. - Recipiente al vacío.
7. - Bomba de anillo de agua.
8. - Depósito.
9. - Bomba.
10. - Mezclador con diafragma.
11. - Bomba a presión para lactama.
12. - Polimerizador a presión.
13. - Bomba de descarga.
14. - Evaporador a vacío del estrato sutil.
15. - Condensador para el monómero.
16. - Depósito.
17. - Sistema para vacío, chorro de vapor, bomba de anillo de agua, o también bomba de pistón y sistema de chorro de vapor.
18. - Córlea de descarga.
19. - Compensador.
20. - Colector.
21. - Mezclador.
22. - Aparato de calefacción.

PROPIEDADES FISICAS:

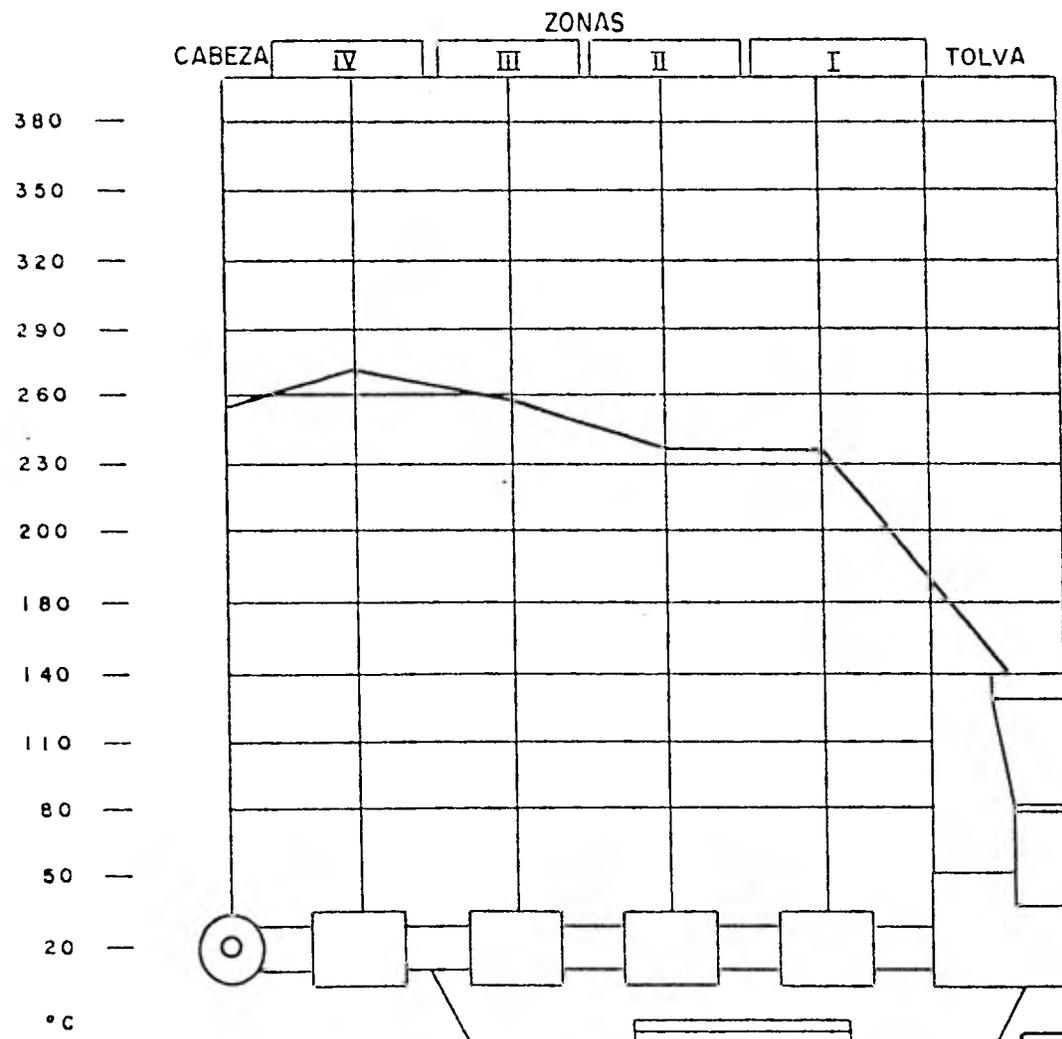
PESO ESPECIFICO	1.05 g/CM ³
RESIST. TRACCION	13,000 PSI
% ALARGAMIENTO	200%
RIGIDEZ DIELECTRICA	400 Volts /MIL
CONSTANTE DIELECTRICA	3.4 1 MHZ
RESISTENCIA AL CALOR	125° C.
DUREZA ROCKWELL	R 119
RESISTENCIA VOLUMETRICA	10 ¹¹ CM.

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFFECTO A LA LUZ SOLAR	REGULAR
RESIT. FLAMA	MAL (ARDE)
EFFECTO DE LOS ACIDOS DEBILES	RESISTE
EFFECTO DE LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO
EFFECTO DE LOS ALCALIS DEBILES	RESISTE
EFFECTO DE LOS ALCALIS FUERTES	RESISTE
EFFECTO DE LOS SOLVENTES ORGANICOS	RESISTENCIA PERO SE DISUELVE EN FENOLES.

PRODUCTOS COMERCIALES:

NAILOPLAST	MONTECATINI	ITALIA
NYLON	DUPONT	U. S. A.
IGAMID	BASF	ALEMANIA



POLIAMIDA NYLON

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II 7

POLIETILENOBAJA DENSIDAD:

Con el nombre de polietileno se entiende toda la serie de polímeros sólidos, obtenidos por polimerización directa del gas etileno; se emplean reactores tubulares ó cámaras de alta presión (1,500 - 2000 atm), donde la temperatura se controla cuidadosamente y donde existen pequeñas cantidades de oxígeno que ataca como catalizador. En el fondo del Reactor se forma el polietileno en hilos y el etileno que no ha sido transformado vuelve otra vez al ciclo.

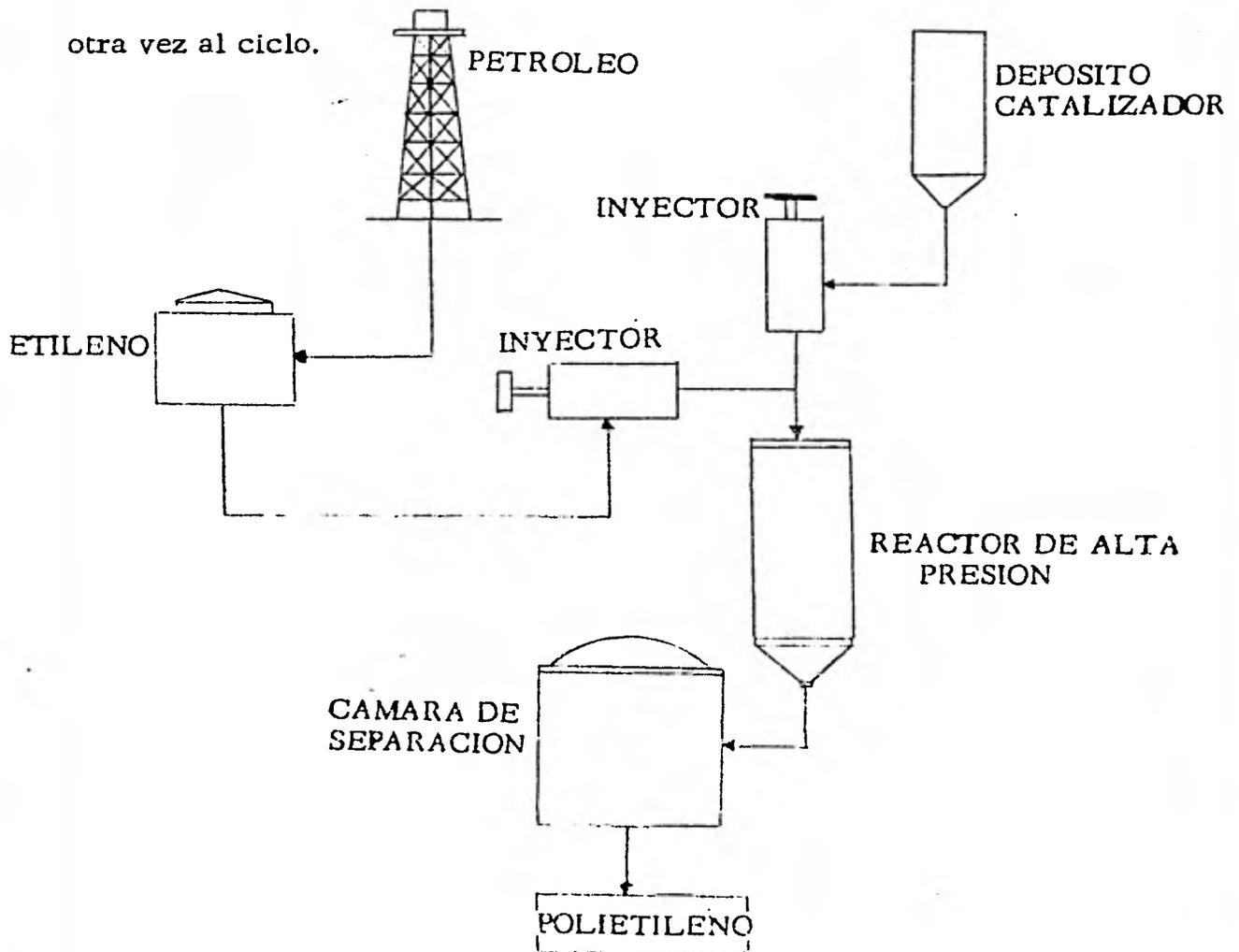


FIG. II. 8

PROPIEDADES FISICAS

PESO ESPECIFICO
 ESFUERZO TENSION
 % ALARGAMIENTO
 RIGIDEZ DIELECTRICA
 CONSTANTE DIELECTRICA
 RESISTENCIA AL CALOR
 INDICE DE REFRACCION
 DUREZA ROCKWELL
 RESISTIVIDAD VOLUMETRICA
 ABSORCION DE AGUA 24 HRS.

POLIETILENO (LD)

0.91 - 0.92 g/Cm³
 2200 Psi
 650
 450 - 1000 Volts/Mil
 2.68 a 100 KHZ
 90°C.
 1.51
 D 41 a D 50
 10 Ohms/cm
 0.015 %

PROPIEDADES QUIMICAS

EFECTO LUZ SOLAR
 RESIST. FLAMA
 EFECTO A LOS ACIDOS DEBILES
 EFECTO A LOS ACIDOS FUERTES
 EFECTO A LOS ALCALIS DEBILES
 EFECTO A LOS ALCALIS FUERTES
 EFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS

NO SOPORTA
 MALO (ARDE)
 RESISTENTE
 ATACADO
 RESISTENTE
 RESISTENTE
 RESISTENTE ABAJO DE 60° C

PRODUCTOS COMERCIALES

PX E 5C

PEMEX MEX.

PX 20020

PEMEX MEX.

PX 21200

PEMEX MEX.

ALATHON 1250

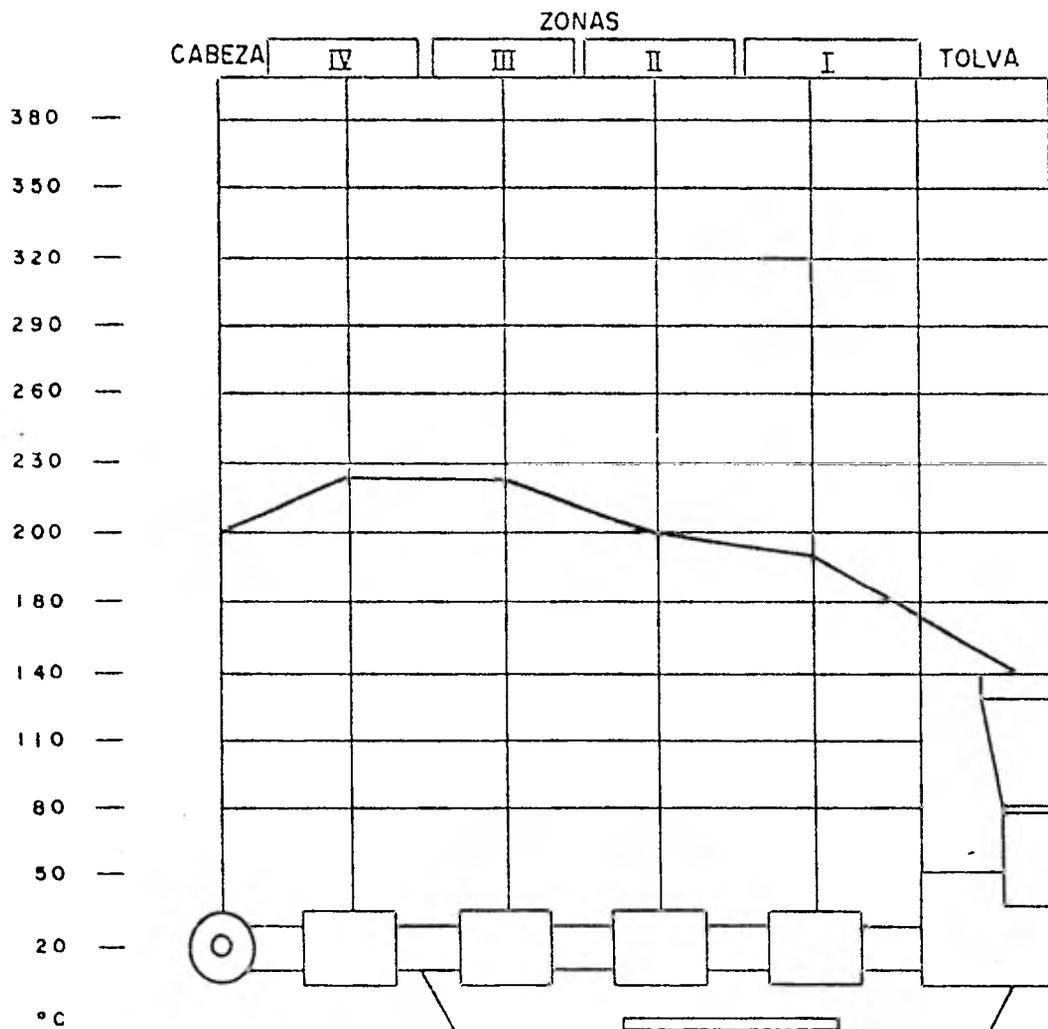
DU PONT U. S. A.

FERTENE

MONTECATINI ITALIA

POLITENE

I C I INGLATERRA



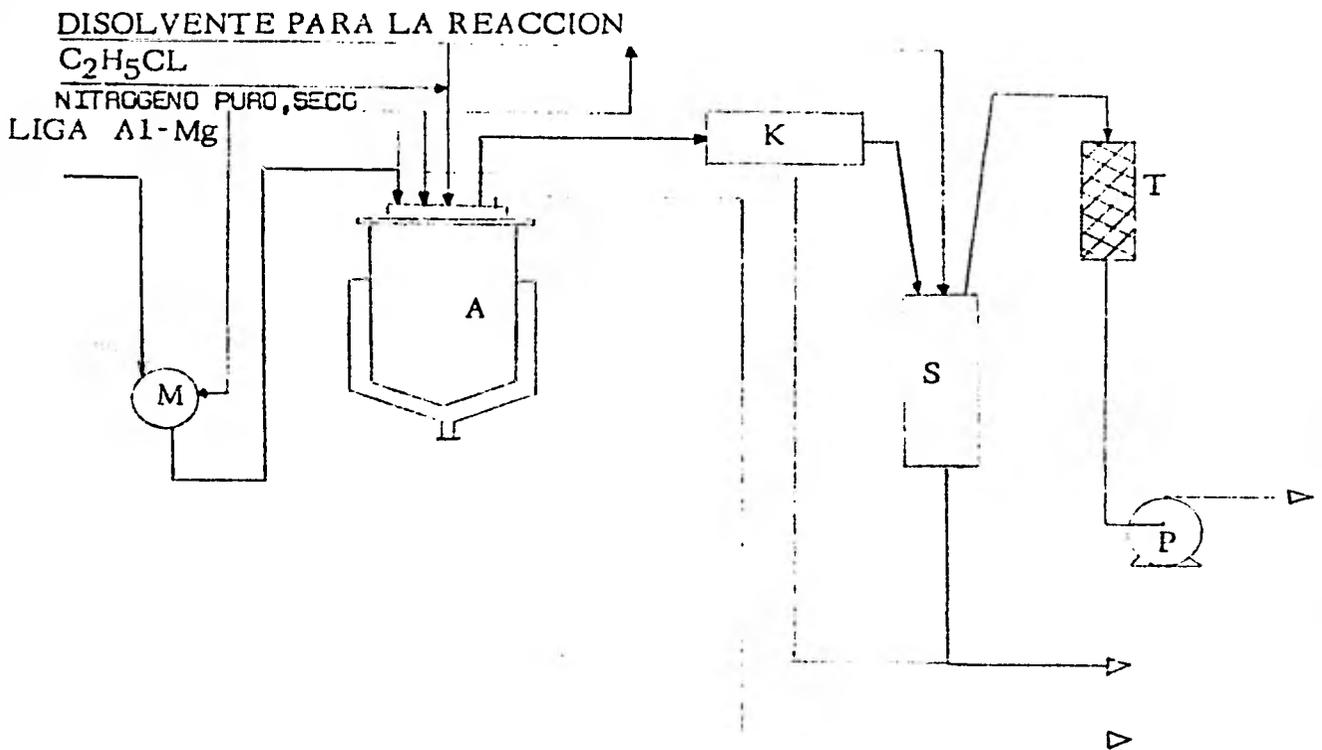
POLIETILENO LD

TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II.9	

POLIETILENO ALTA DENSIDAD (HD)

En la obtención del polietileno de alta densidad, la polimerización del gas de etileno, se efectúa mediante catalizadores especiales los cuales permiten que la reacción se haga a presiones bajas y temperaturas de 70°C.

Uno de los catalizadores más usados para esta polimerización es el alquilaluminio; se anexa diagrama de Instalación para la preparación del catalizador Al de Ziegler.



- | | |
|--|-------------------------------|
| A. Reactor | P. Bomba de vacío |
| K. Refrigerante para destilación | S. Colector |
| M. Molino para la pulverización del Al | T. Desecador de gel de sílice |

FIG. II. 10

PROPIEDADES FISICAS

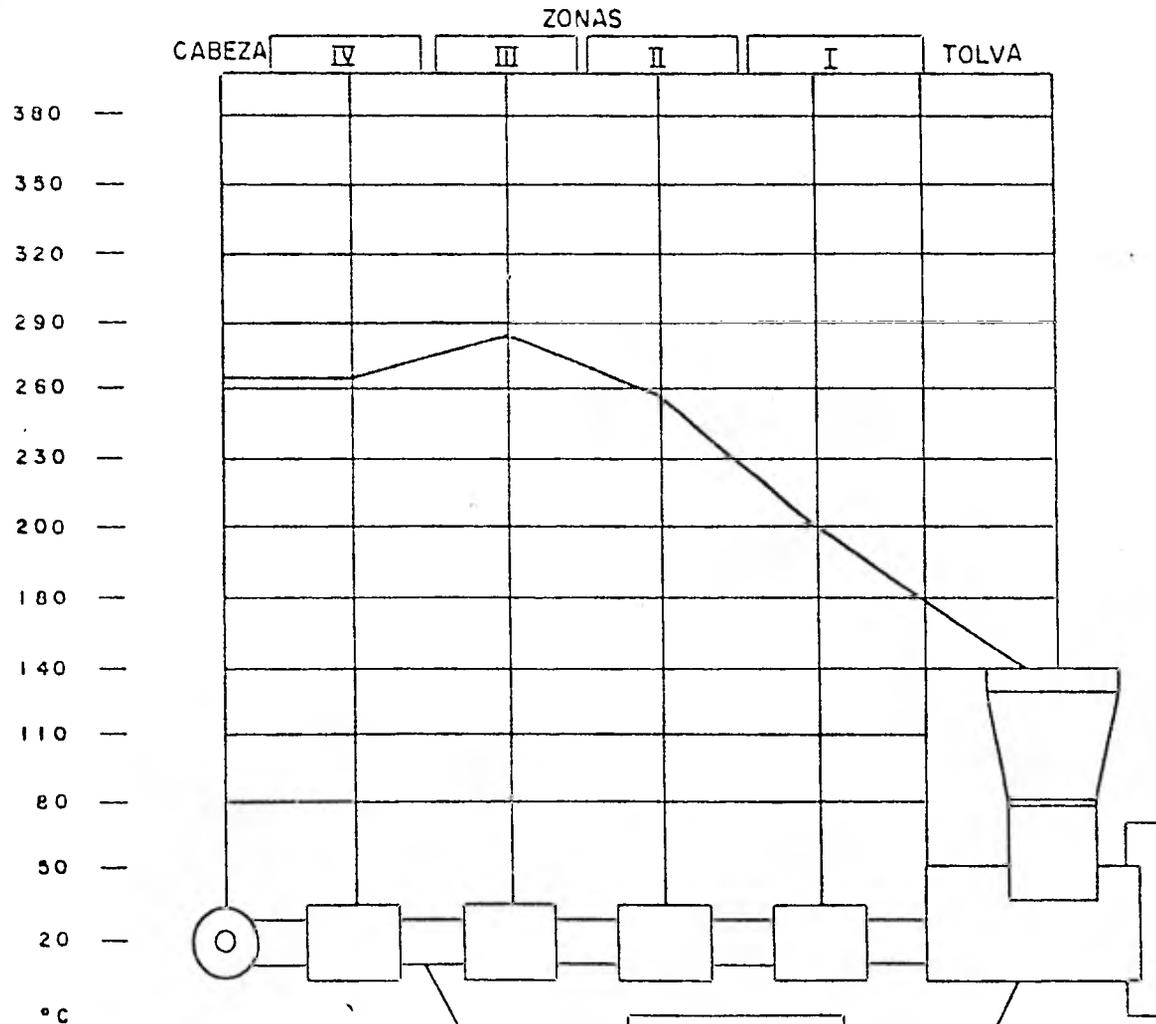
PESO ESPECIFICO	POLIETILENO (HD)
ESFUERZO A LA TENSION	0.96 g/cm ³
% ALARGAMIENTO	3.700 PSI
DUREZA ROCKWELL	750 %
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	60.70 Shore D
ESFUERZO DIELECTRICO	10 Ohms - cm
INDICE DE REFRACCION	450 - 500 Volts/mil
ABSORCION DE AGUA 24 Hrs.	1.54
	< 0.01 %

PROPIEDADES QUIMICAS

EFFECTO A LA LUZ SOLAR	NO SOPORTA
RESIST. FLAMA	MALO (ARDE)
EFFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	MUY RESISTENTE
EFFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATAQUE LENTO
EFFECTO A LOS ALCALIS DEBILES	MUY RESISTENTE
EFFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	MUY RESISTENTE
EFFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	RESIST. ABAJO DE 80° C.

PRODUCTOS COMERCIALES

ALATOHN	6700	BK - 40	DUPONT	U. S. A.
HOSTALEN			HöCHST	ALEMANIA
WESTOLEN			BASF	ALEMANIA



POLIETILENO HD.

TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II . 11	

POLIETILENO RETARDANTE A LA FLAMA (RULAN)

Para la fabricación del polietileno retardante a la flama, se emplean una serie de aditivos, como parafinas cloradas para contener la inherente - flamabilidad del polietileno, aunque con ésto se sacrifican algunas de las - propiedades físicas y eléctricas del polietileno. Este material posee gran - des propiedades a las bajas temperaturas.

PROPIEDADES FISICAS

PESO ESPECIFICO	1.30 g/Cm ³
DUREZA SHORE D	55
ESFUERZO A LA TENSION	1,800 Psi
ELONGACION %	250
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	> 10 ¹⁶ Ohmica
ESFUERZO DIELECTRICO	1000 Volts/Mil
CONSTANTE DIELECTRICA	2.50 a 1 MHZ
TEMP. DE OPERACION	80° C.

PROPIEDADES QUIMICAS

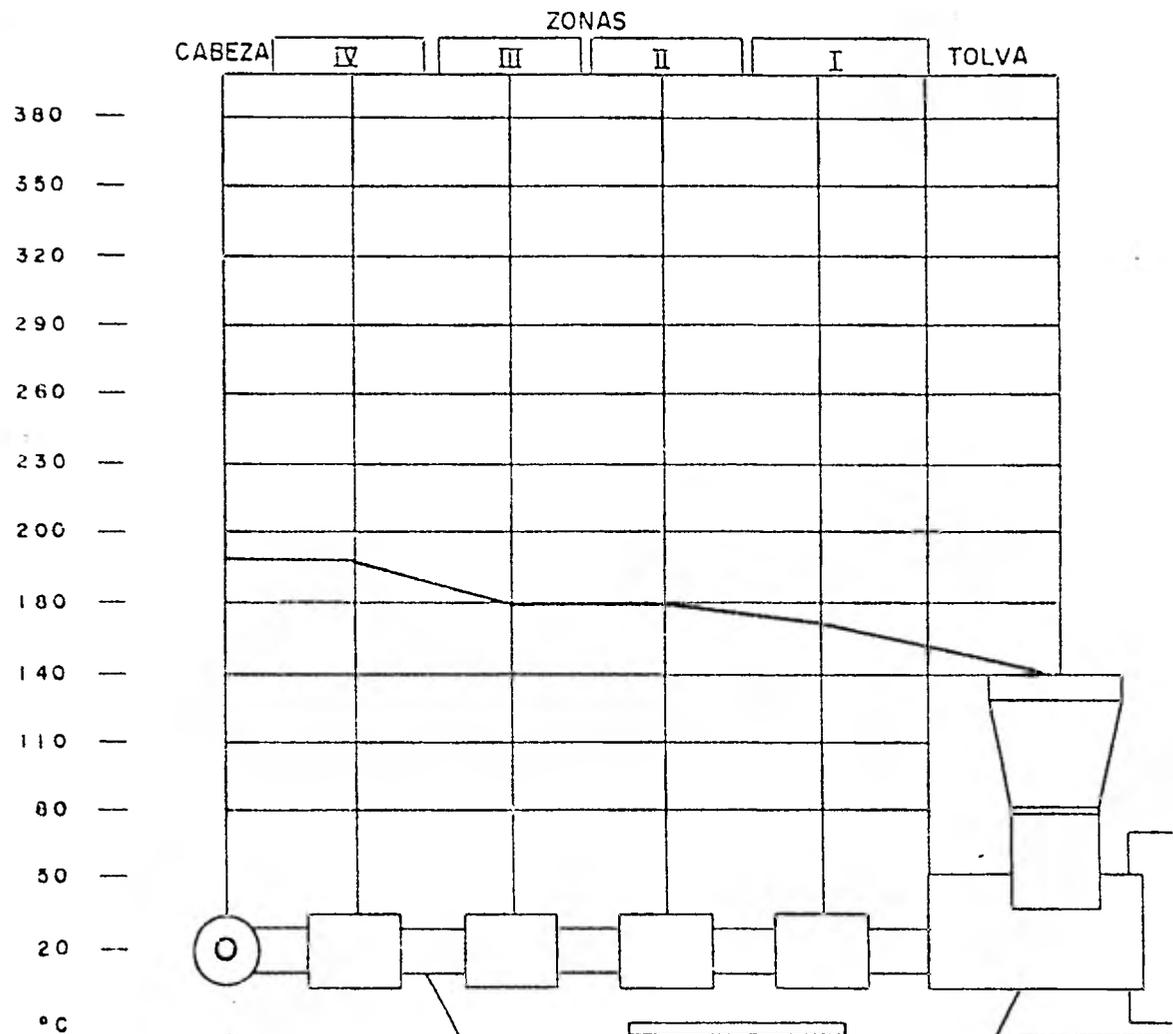
EFEECTO A LA LUZ SOLAR	NO SOPORTA
RESIST. FLAMA	BUENO
EFEECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESIST.
EFEECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO
EFEECTO A LOS ALCALIS DEBILES	RESISTENTE
EFEECTO A LOS ALCALIS FUERTES	RESISTENTE
EFEECTO A LOS ORGANICOS (SOLVENTES)	RESIST. ABAJO DE 60° C.

PRODUCTOS COMERCIALES

RULAN

DU PONT

U. S. A.



Po RULAN E

TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II . 12	

POLIETILENO CELULAR

Es éste un compuesto de polietileno con una formulación especial que produce en el polietileno una estructura espumosa (panal), la cual logra su forma mediante la generación de un gas inerte durante el proceso de extrusión.

El grado de expansión de la estructura puede controlarse con temperaturas. Este compuesto tiene grandes ventajas en el aislamiento de cables para video los cuales necesitan materiales de muy baja constante dieléctrica. Un producto típico de polietileno celular contiene aproximadamente 55% de gas.

PROPIEDADES FISICAS

DENSIDAD	0.50 * g/cm ³
DUREZA	-
ESFUERZO A LA TENSION	600 PSI
ELONGACION	300 %
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	-
CONSTANTE DIELECTRICA	1.5 a 1 MHZ
ESFUERZO DIELECTRICO	500 Volts/mil
TEMP. DE OPERACION	80° C.
	* 0.44 EXPANDIDO

PROPIEDADES QUIMICAS

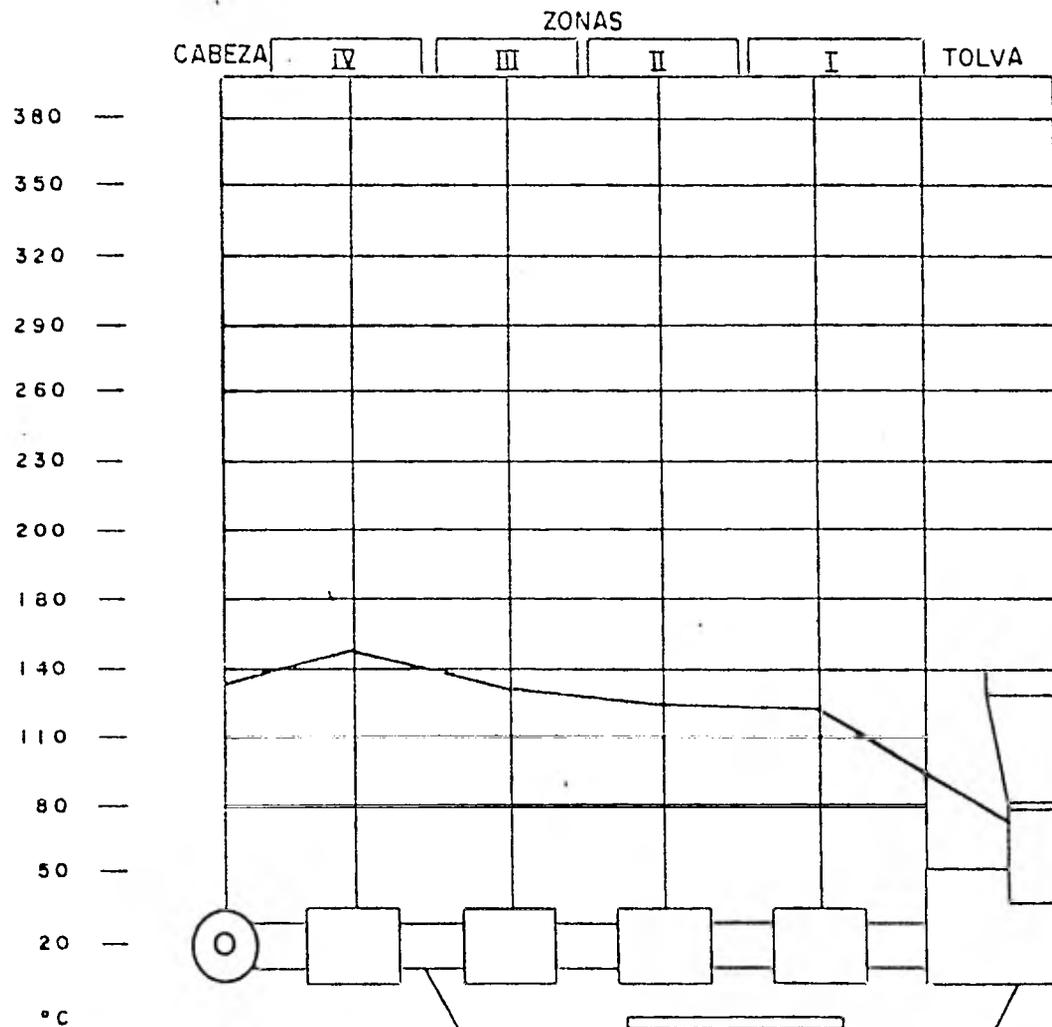
RESIST. A LA FLAMA	MALO (ARDE)
EFEECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESISTENTE
EFEECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO
EFEECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESISTENTE
EFEECTO A LOS ACIDOS FUERTES	RESISTENTE

PRODUCTOS COMERCIALES

BAKELITE (R) DFD 4960

UNION CARBIDE

U. S. A.



Po CELULAR.

TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II.13	

POLIPROPILENO(ETHYLENE PROPYLENE)

El polipropileno también se deriva del Etileno, y pertenece a la familia de los polímeros isostáticos, debido a la regularidad de su estructura; - ésta regularidad se debe a que las cadenas isostáticas se organizan en retículos cristalinos bien definidos.

La polimerización se lleva a cabo en presencia de catalizadores a base de compuestos organometálicos de tipo alquil-aluminio (catalizador de Ziegler).

PROPIEDADES FISICAS

DENSIDAD	0.90	g/cm ³
ESFUERZO A LA TENSION	3600	PSI
ELONGACION	600	%
DUREZA SHORE D	90	
RESISTIVIDAD VULOMETRICA	10	OHMS/CM
ESFUERZO DIELECTRICO	850	VOLTS/MIL
CONSTANTE DIELECTRICA	2.23	a 1 MHZ
TEMPERATURA DE OPERACION	80°	C.

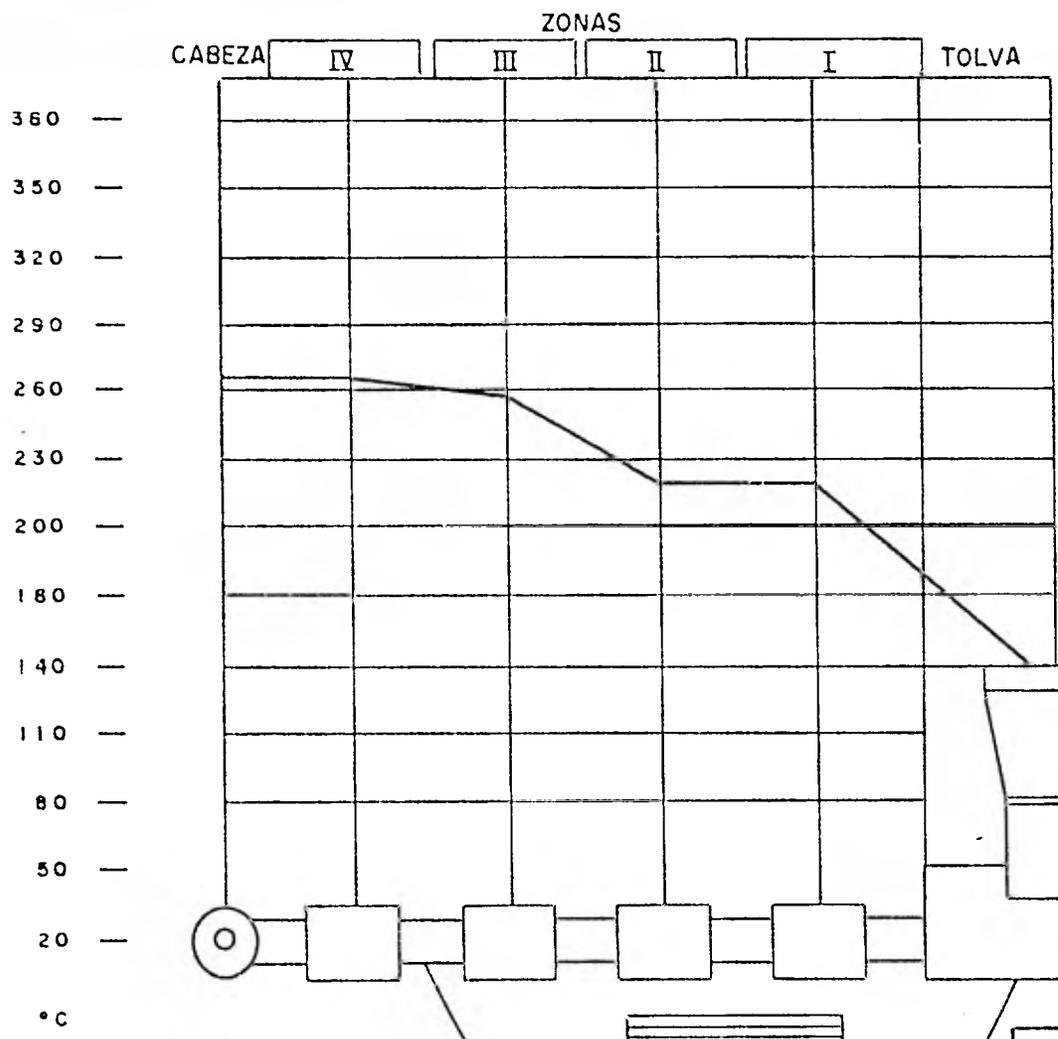
PROPIEDADES QUIMICAS

EFECTO A LA LUZ SOLAR	NO RESISTE
RESIST. A LA FLAMA	MALO
EFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESISTE
EFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO POCO
EFECTO A LOS ALCALIS DEBILES	RESISTE
EFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	MUY RESISTENTE
EFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	RESIST. ABAJO DE 90°C.

PROFAX

HERCULES

U. S. A.



POLIPROPILENO.

TESIS PROFESIONAL
 EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS
 TITULO PERFIL DE TEMPERATURA
 FIG. II 14

POLIESTIRENO

La obtención del poliestireno se hace partiendo de la producción del estireno, en cuyo proceso se utiliza el Benceno y el etileno, el cual en forma gaseosa se hace pasar a través del benceno, en presencia de catalizadores - que contienen cloruro de aluminio.

El estireno se puede polimerizar de varias formas, uno de los métodos más comunes es el de polimerizar en masa mediante un proceso continuo, el cual se efectúa en dos autoclaves de aluminio, calentando el prepolidmerizado de estireno a temperatura inferior a 100°C . hasta un contenido en polímero del 33 al 35%. Este producto viscoso se introduce en la cabeza de una torre calentadora dividida en varias zonas de temperatura desde 100° a 180°C , ya en la parte inferior de la torre este producto se enfría y mecani-

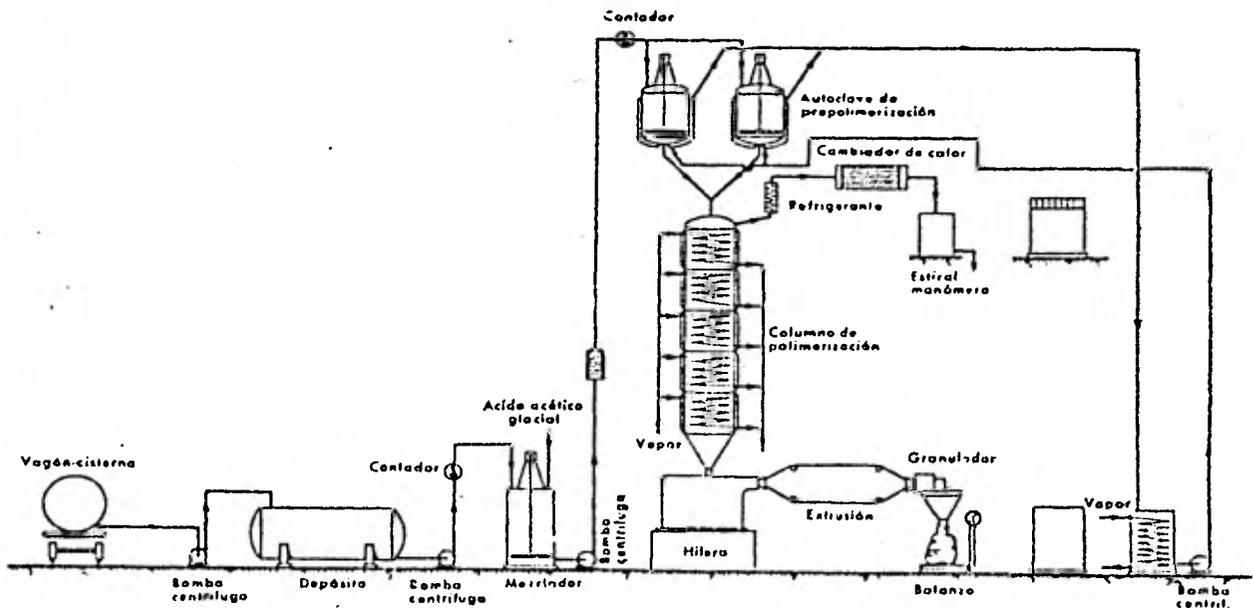


FIG. II. 15

PROPIEDADES FISICAS:

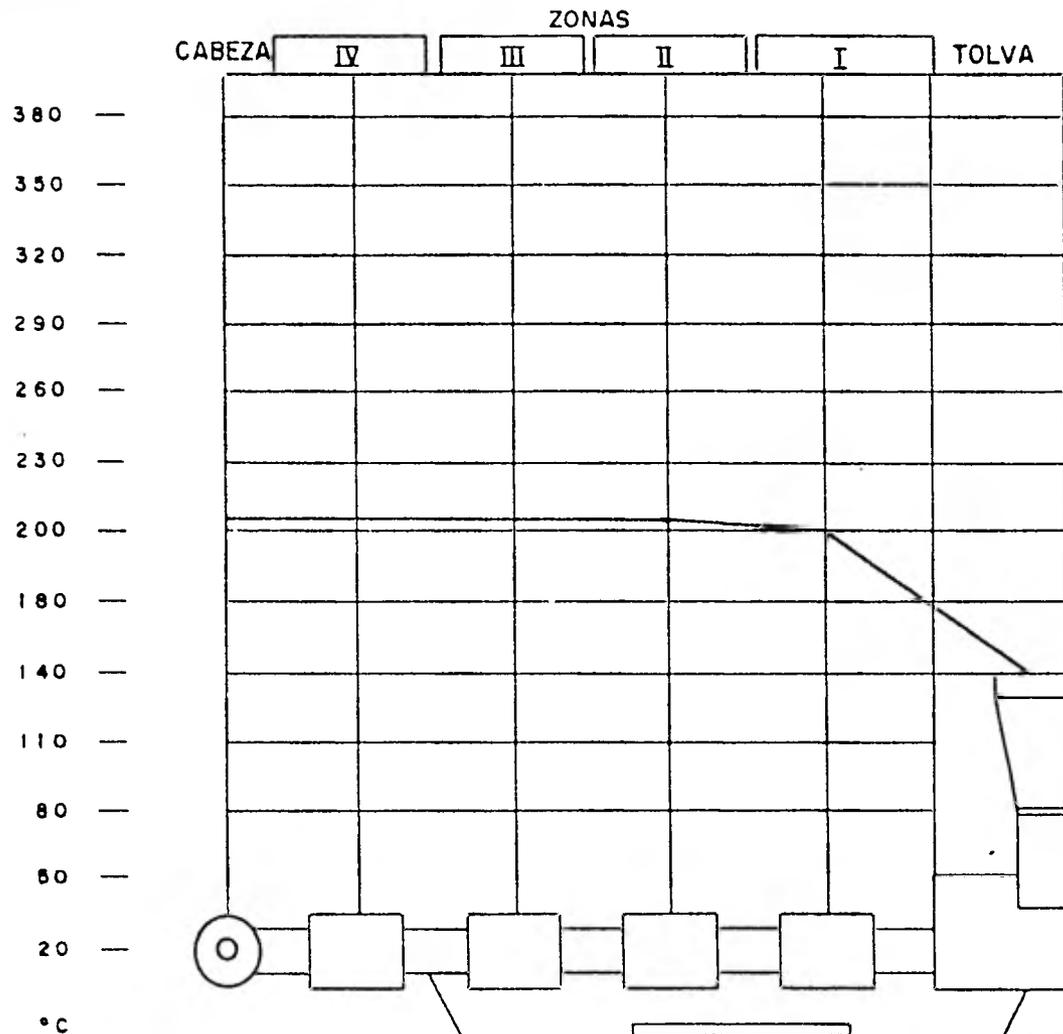
PESO ESPECIFICO	106	g/cm ³
DUREZA SHORE M	32	
ESFUERZO A LA TENSION	232	kg/cm ²
ELONGACION	35	%
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	10	OHMS/CM
ESFUERZO DIELECTRICO	> 450	VOLTS/MIL
CONSTANTE DIELECTRICA	2.5	a 2.6 a 1 MHZ
TEMPERATURA DE OPERACION	170	a 190 °F.

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFECTO A LA SOLAR	SE PONE AMARILLO
RESIST. A LA FLAMA	NO RESISTE
EFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	NINGUNO
EFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO POR ACIDOSOXIDA DOS
EFECTO A LOS ALCALIS DEBILES	NINGUNO
EFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	NINGUNO
EFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE EN AROMATICOS, - HIDROCARBUROS

PRODUCTOS COMERCIALES:

LUYTREX	MONSANTO	U. S. A.
STYRON	DOW CHEMCO	U. S. A.
DISTRENE	BRIT. RESIN PRODUCTS	INGLATERRA
STIROPLASTO	MONTECATINI	ITALIA



POLIESTIRENO

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II.16

ACRILONITRICO BUTADIENO ESTIRENO:

Es éste también un poliestireno modificado, donde el copolímero tiene cantidades variables de estireno entre 50 y 70%. Posee excelentes propiedades térmicas así como gran resistencia a los hidrocarburos.

En la siguiente gráfica se puede ver el comportamiento del ABS y del SAN comparado con otros materiales termoplásticos, en cuanto a esfuerzo a la tensión.

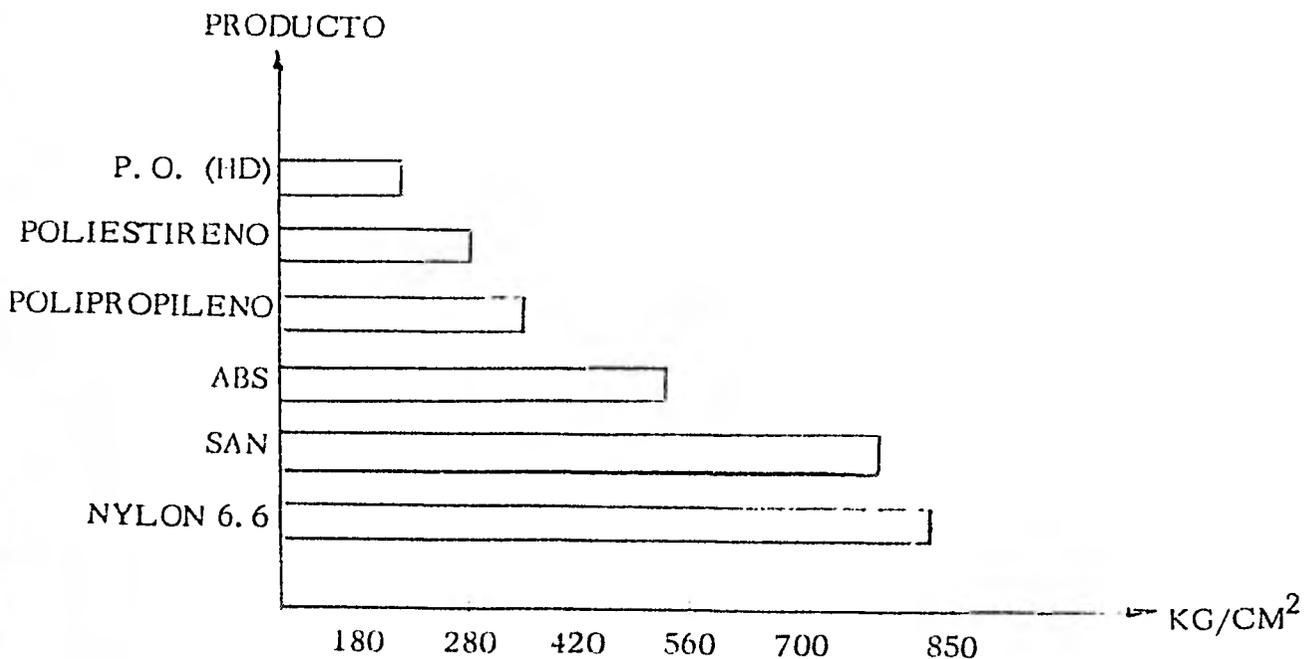


FIG. II.17

PROPIEDADES FISICAS:

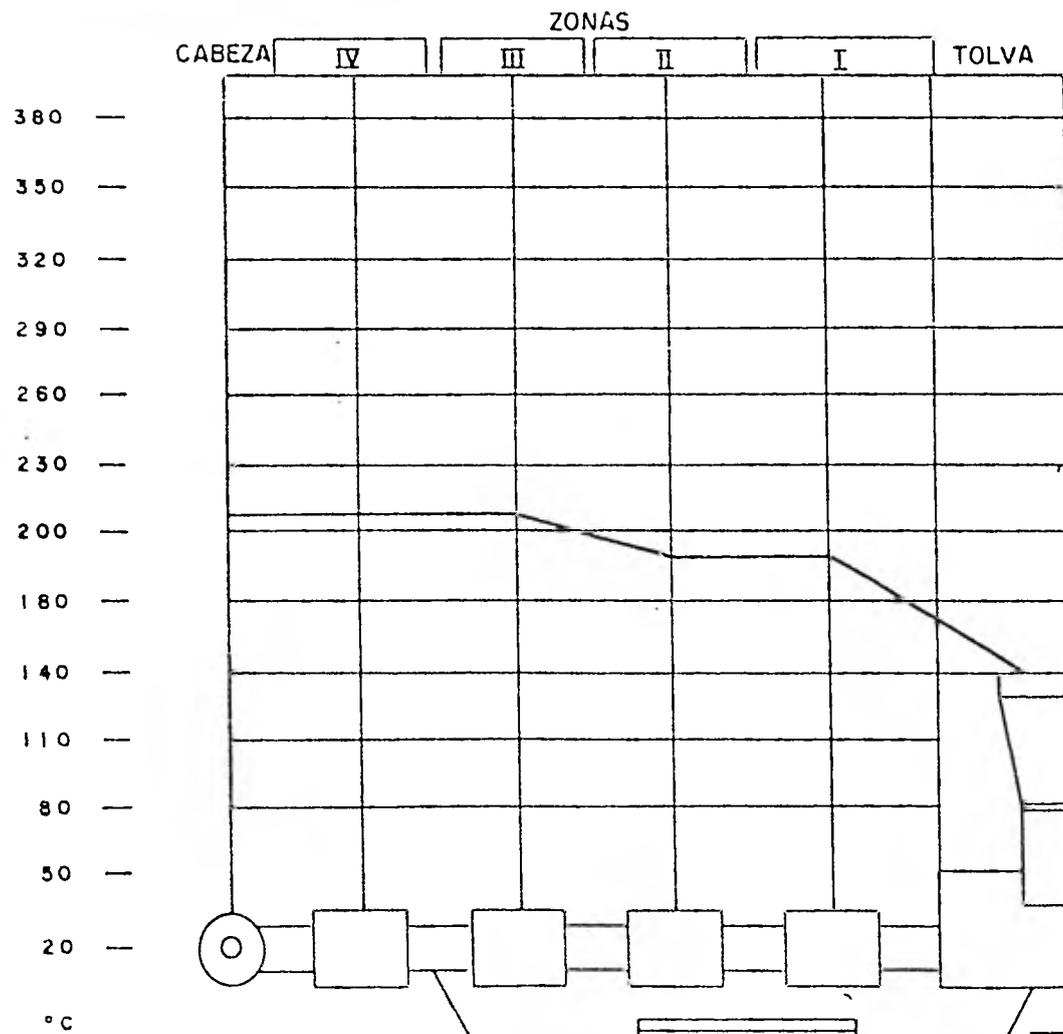
DENSIDAD	1.05	g/cm ³
RESISTENCIA A LA TENSION	470	kg/cm ²
ELONGACION	2.3	%
DUREZA ROCKWELL M	25	
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	3.1 x 10 ¹⁶	a 1 MHZ
CONSTANTE DIELECTRICA	2.8	a 1 MHZ
TEMP. DE OPERACION	98°	C.

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFECTO A LA LUZ SOLAR	SE PONE POCO AMARILLO
RESIST. A LA FLAMA	ARDE LENTO
EFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESISTE
EFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO POR ACIDOS - CONCENT.
EFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	RESISTE
EFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE EN CETONAS, ES TERES Y ALGUNOS HIDRO- CARBUROS.

PRODUCTOS COMERCIALES:

EPOLAN ABS 262	MONSANTO (RESISTOL) U. S. A.
EPOLAN - 1 ABS 462	MONSANTO (RESISTOL) U. S. A.
EPOLAN - 1 ABS 762	MONSANTO (RESISTOL) U. S. A.



ABS

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II .18

COPOLIMERO ESTIRENO ACRILONITRILLO

Es éste un poliestireno modificado, con acrilonitrilo con objeto de obtener un polímero muy resistente al calor.

PROPIEDADES FISICAS:

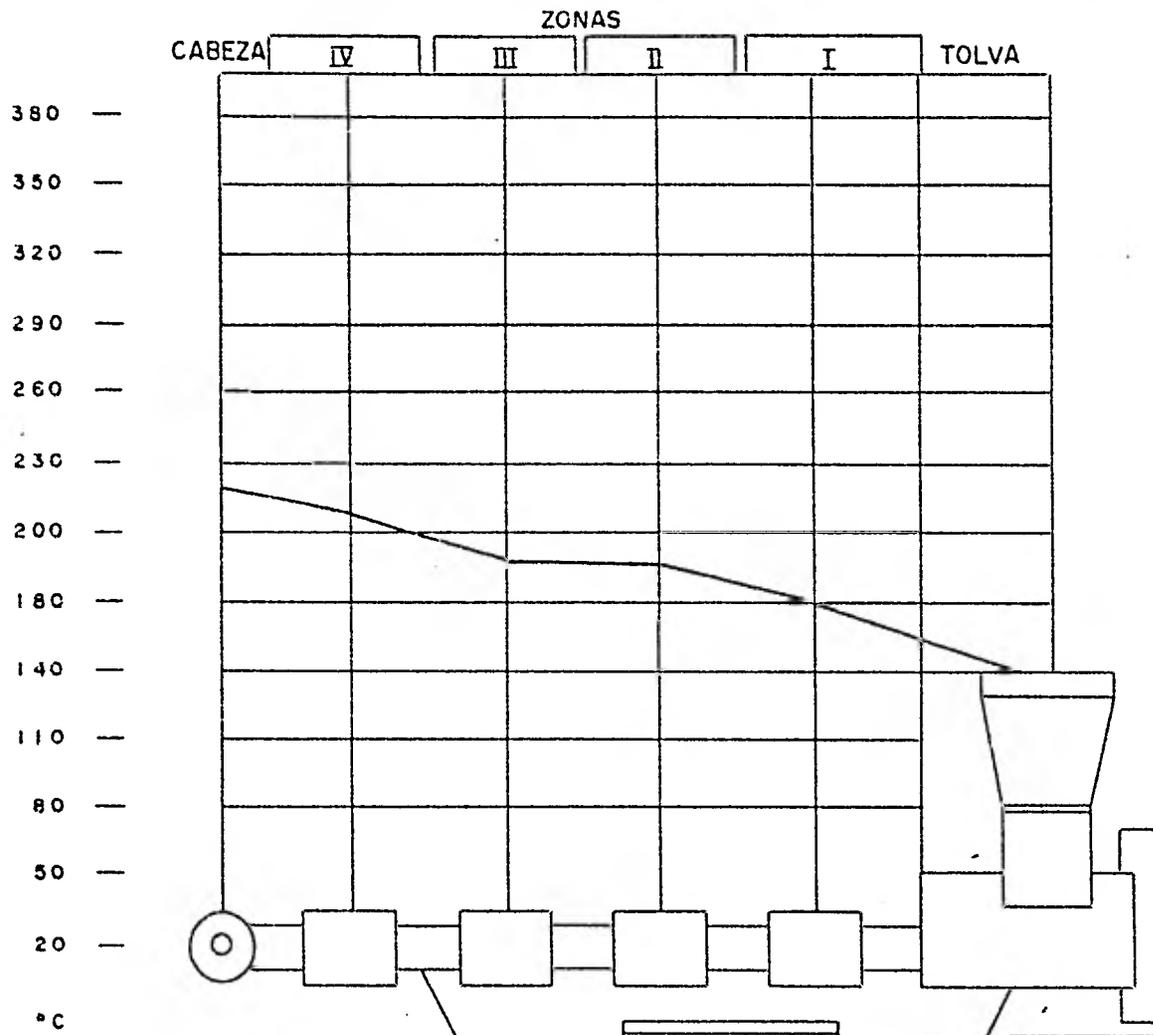
DENSIDAD	1.08	g/cm ³
ESFUERZO A LA TENSION	795	kg/cm ²
ELONGACION	2.2	%
DUREZA ROCKWELL M	89	
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	2.6 x 10 ¹⁶	ohm/cm.
CONSTANTE DIELECTRICA	2.86	a 1 MHZ
TEMPERATURA DE OPERACION	95°	C.

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFFECTO A LA LUZ SOLAR	SE PONE AMARILLO
RESIST. A LA FLAMA	NO RESISTE
EFFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	RESISTE
EFFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	ATACADO
EFFECTO A LOS ALCALIS DEBILES	RESISTE
EFFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	RESISTE
EFFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE EN ESTERES, CETONAS Y LO ATACAN ALGUNOS HIDROCARBUROS ALIFATICOS.

PRODUCTOS COMERCIALES:

TROLITULEN	TROIDORF	ALEMANIA
SAN 21	MONSANTO	U. S. A.



TESIS PROFESIONAL		
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS		
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA		
FIG.	II. 19	

T. P. R. (HULES TERMOPLASTICOS).

Es éste un material termoplástico que ha sido desarrollado desde - - aproximadamente 1950, por algunas compañías americanas. Está formado - a base de blocks de compolímeros de estireno, los cuales nos pueden dar - materiales con buenas características físicas, químicas y eléctricas, muy - semejantes a los de algunos materiales elastoméricos como pueden ser Poli - cloropero, Polietileno clorosulfonado, etc. .

Desde luego que como materiales termoplásticos no pueden compe - - tir en cuanto al reblandecimiento que sufren al ser sometidos a altas tempe - raturas, comparadas con los elastómeros vulcanizados.

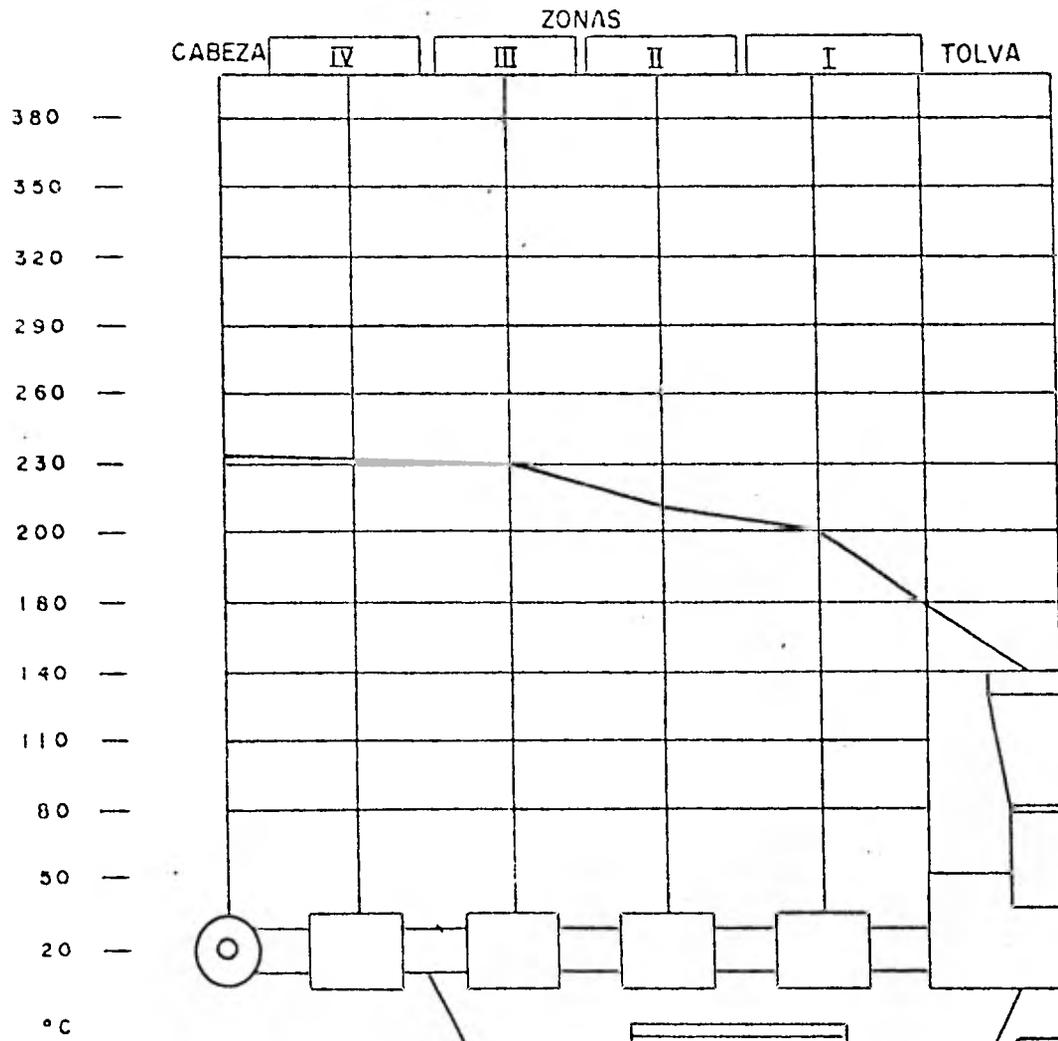
Existen en el mercado actualmente una gran gama de estos produc - tos, donde algunos de ellos pueden operar hasta 150° C. y también soportar temperaturas bajo cero.

En la tabla II. 2 se pueden observar las características de los TPR'S, en comparación con algunos materiales.

MATERIAL	TPR	EVA	EEA	LDPE	POLIURET.	PVC(F)	NR	SBR	NEOP.	EPD
DUREZA SHORE (A)	65-90	80		90	75-65(D)	40-90	10	10		30-100
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.80-10	0.94	0.91	0.93	1.20	1.2-1.4	0.93	0.94	1.23	0.88
ESFUERZO TENSION Psi	650 a 1850	800 a 4000	1500 a 3000	3000 a 7000	3000 a 3000	1200 a 3000	200 a 3500	200 a 2500	1000 a 3000	1000 a 2500
ELONGACION %	180-250	300-1200	50-800	200-600	200-500	200-400	400-900	100-800	100-700	100-600
RESISTENCIA ABRASION	R-B	R-B	R-B	B	E	B-E	MB-E	MB	MB-E	B
RESISTENCIA A: HIDROCARBUROS ALIFATICOS	R-B	P	P	B	E	B	MP	MP	B	P
HIDROCARBUROS AROMATICOS	P	P	P	R	B	R	MP	MP	R	P
SOLVENTES POLARES	R-B	R	R	B	B	R	P	MP	B	R-B
SOLVENTES HALOGENADOS	P	P	P	P	R	R	P	MP	P	P
AGUA	E	E	E	E	P	B	B	B	R-B	E
ELECTRICAS	E	R-E	E	P	E	E	P-B	B	P-R	MB-E
A. TEMPERATURA	90-150	60	60	77	94	60	66	93	93	190
ENDURECIMIENTO A BAJA TEMP.	-51	-18	-29	-18	-29	-18	-40	-40	-51	-51

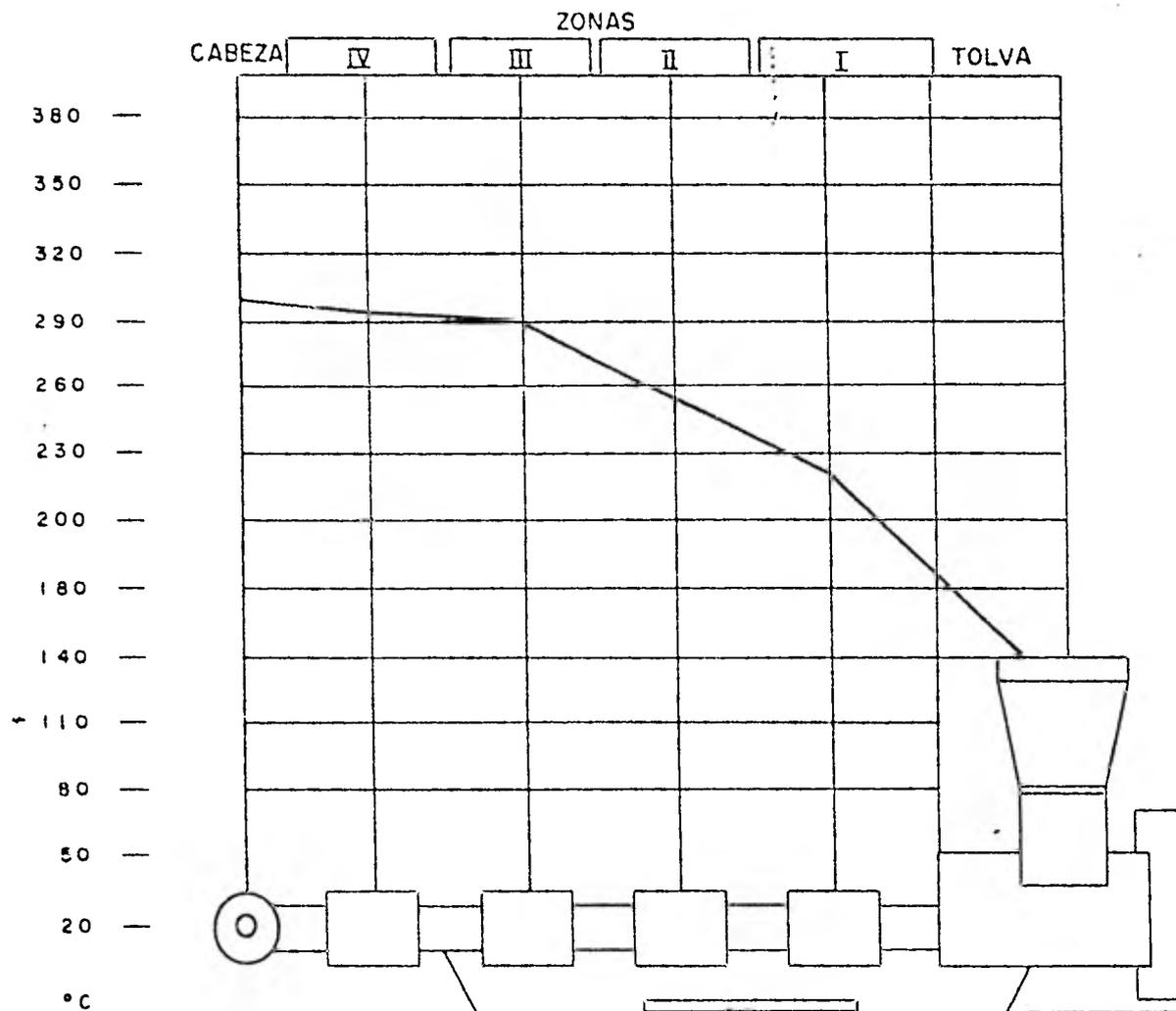
MP = MUY POBRE
 P = POBRE
 R = REGULAR
 B = BUENO
 MB = MUY BUENO
 E = EXCELENTE

TABLA II.2



TPR. 90°

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II. 20



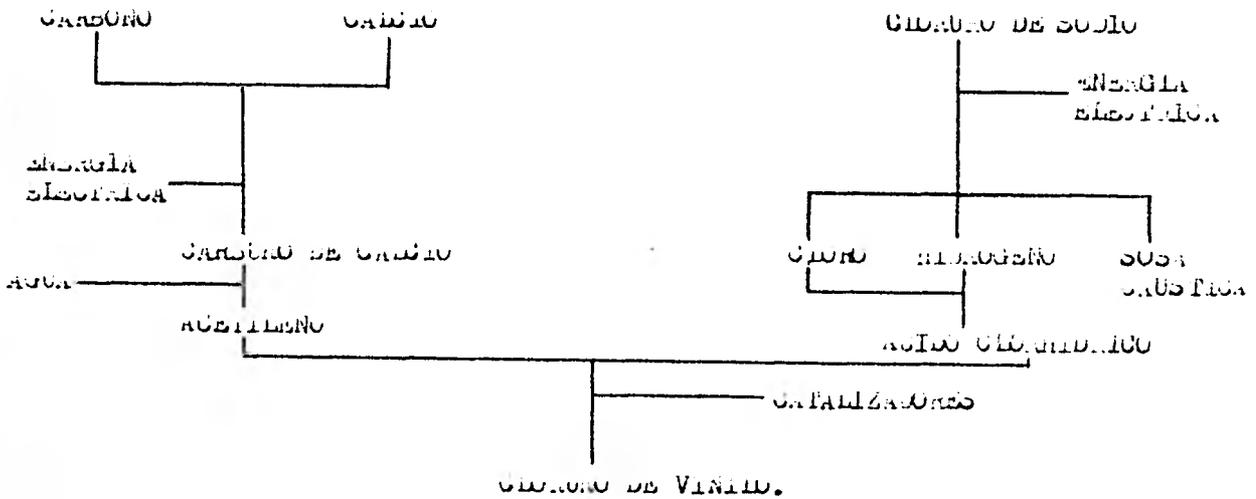
TPR. 150°

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II 21

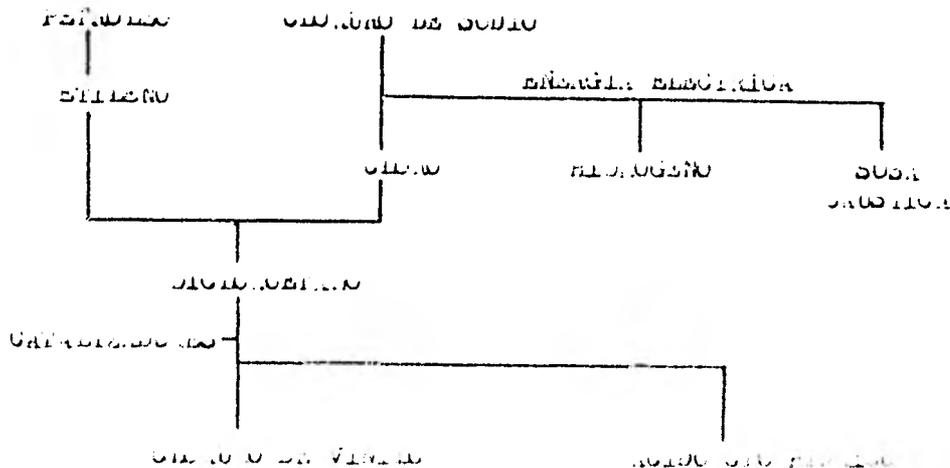
CLORURO DE POLIVINILO (PVC) RIGIDO

Las materias primas para la síntesis del cloruro de vinilo, están indicados en los esquemas 1 y 2, que comprenden los 2 procesos de producción normalmente seguidos en la Industria.

ESQUEMA 1



ESQUEMA 2



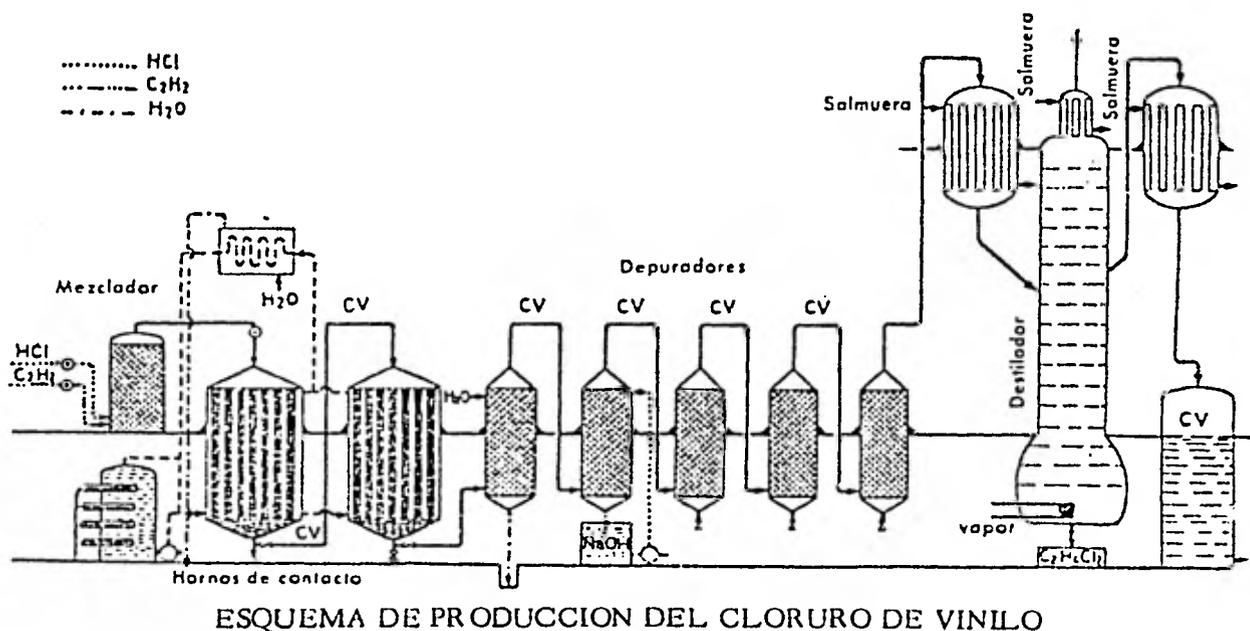


FIG. II. 22

El cloruro de vinilo es un gas en condiciones normales de temperatura y presión; es muy inflamable y poco tóxico pero de fuerte acción narcótica.

Es el cloruro de vinilo, un monocloroetileno, producido por reacción catalítica de acetileno con ácido clorhídrico.

El acetileno se puede obtener de acuerdo a los 2 esquemas (1 y 2), con carburo de calcio y agua o del metano por arco voltaico o combustión parcial. Este último método es el más utilizado actualmente.

Ya para la obtención de CLORURO DE POLIVINILO lógicamente lo

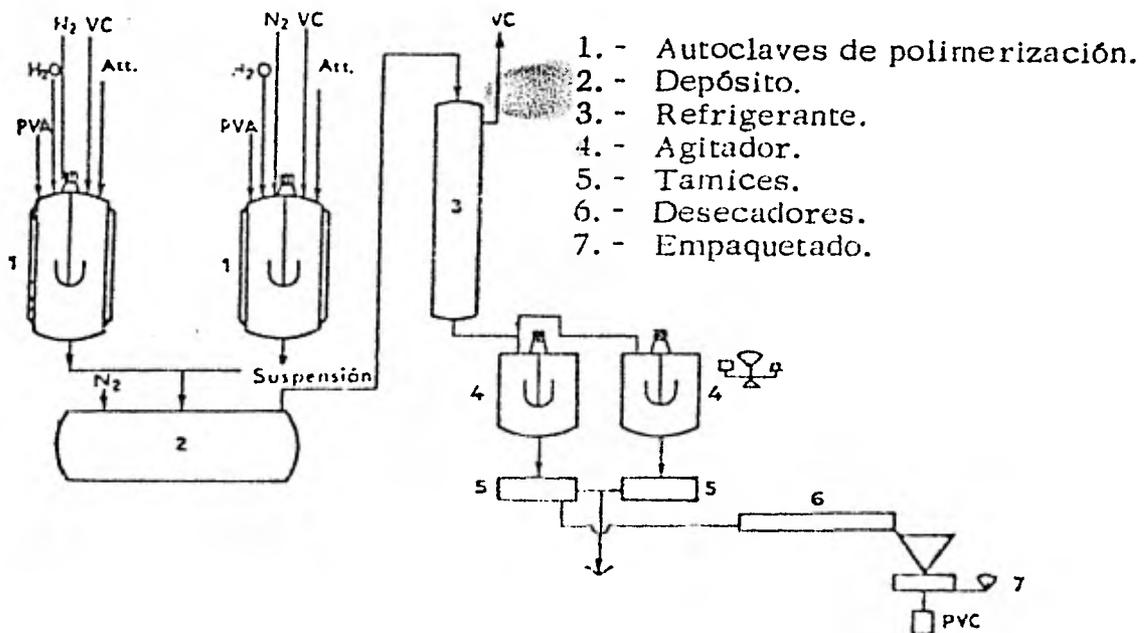
que se hace es polimerizar el monómero de cloruro de vinilo, y ésto se puede hacer de varias formas:

- a). - Polimerización en Emulsión.
- b). - Polimerización en Suspensión.

a). - La polimerización en emulsión se caracteriza por una fase acuosa que tiene en suspensión finas gotitas de monómero, que se polimerizan en forma de granulos.

La extracción de la resina al final de la operación se efectúa por filtración, lavado y desecación.

b). - La polimerización en suspensión se efectúa en forma discontinua (ver diagrama).



ESQUEMA DEL TRANSITO DE MATERIAL EN UNA INSTALACION DE POLIMERIZACION DE CLORURO DE POLIVINILO EN SUSPENSION.

El material que se obtiene por estos 2 métodos, sin adición de agentes modificadores, es duro, caracterizado por altas propiedades mecánicas, gran resistencia a los disolventes más comunes. Es este material el que se conoce como PVC "RIGIDO".

PROPIEDADES FISICAS:

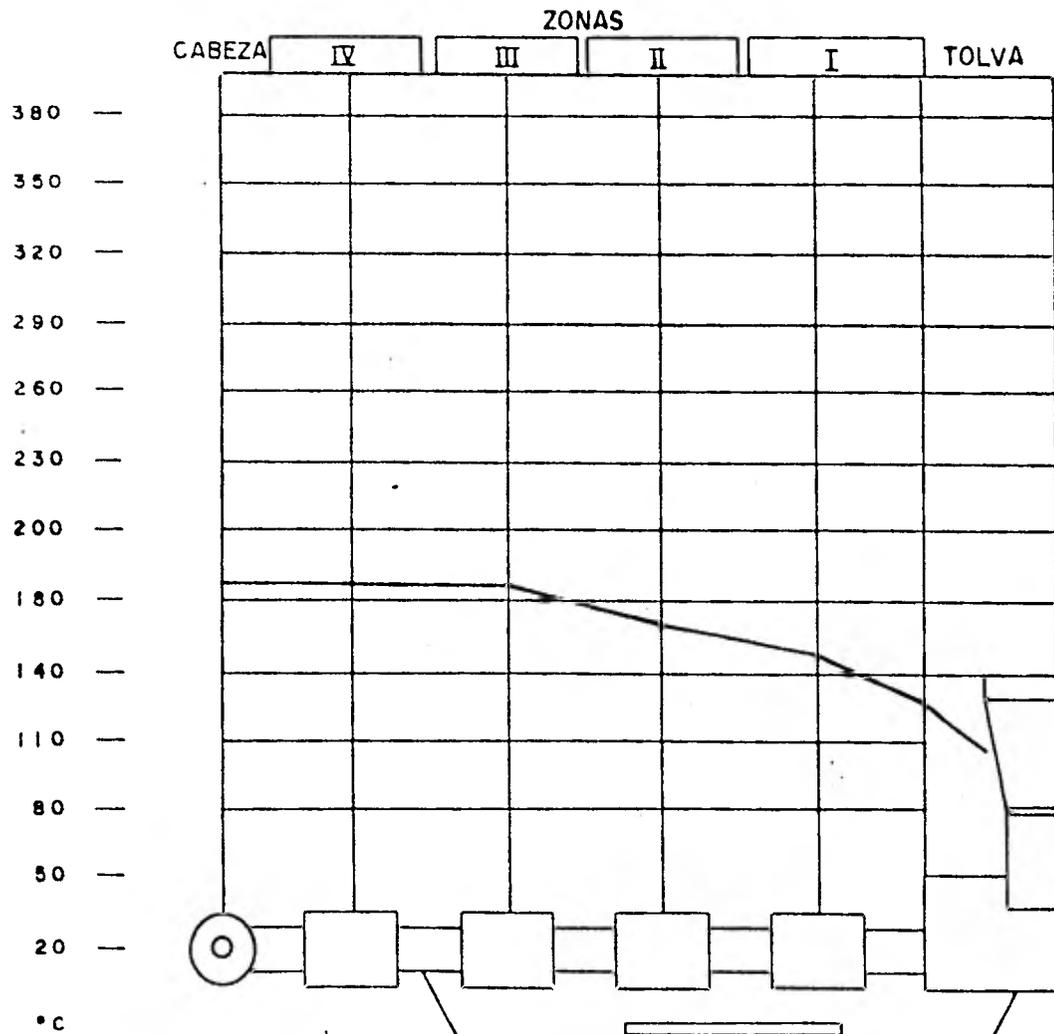
PESO ESPECIFICO	138 gr /CM ³
ESFUERZO TENSION	550 KG/CM ²
DUREZA BRINELL	1,500 KG/CM ²
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	10 ¹⁵ CM.
CONSTANTE DIELECTRICA	3.4 1 MHZ
RIGIDEZ DIELECTRICA	20 KV/MM.
ABSORCION DE AGUA 7 DIAS	20 MG/100 CM ²
RESISTENCIA AL CALOR	90° C.

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFECTO DE LA LUZ SOLAR	LEVE
RESIST. A LA FLAMA	SE APAGA
EFECTO DE LOS ACIDOS DEBILES	NINGUNO
EFECTO DE LOS ACIDOS FUERTES	LEVE
EFECTO DE LOS ALCALIS DEBILES	NINGUNO
EFECTO DE LOS ALCALIS FUERTES	NINGUNO
EFECTO DE LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE EN CETONAS Y ESTERES.

MARCAS COMERCIALES:

VINDUR	DYNAMIT	ALEMANIA
GEON	RESISTOL	MEXICO
PLASTISOL	LUGATOM	MEXICO



PVC RIGIDO

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II.24

CLORURO DE POLIVINILO FLEXIBLE:

El P. V. C. flexible se obtiene **partiendo** de la misma resina de P. V. C. rígido a la cual se le ha agregado una **serie** de compuestos denominados plastificantes.

Los plastificantes son productos líquidos en general, con altos puntos de ebullición, que tienen la propiedad de hacer más flexible la resina, por medio de una acción de solvatación sobre los macromoléculas lineales del P. V. C., acción que puede conducir a una debilitación de las fuerzas de Van-der Waals, que se ejercen entre cadenas próximas.

Existen una gran cantidad de plastificantes en el mercado, pero en general los de mayor uso son:

Los ésteres del ácido ftálico, los de ácidos alifáticos, los de ácido fosfórico, etc, .

Las características del P. V. C. se modifican con la adición de plastificantes: por ejemplo:

(Con respecto al P. V. C. RIGIDO)

Esfuerzo a la tensión	- disminuye
% alargamiento	- aumenta
Dureza	- disminuye
Propiedades eléctricas	- disminuye
Resisten química	- disminuye
Elasticidad	- aumenta

PROPIEDADES FISICAS:

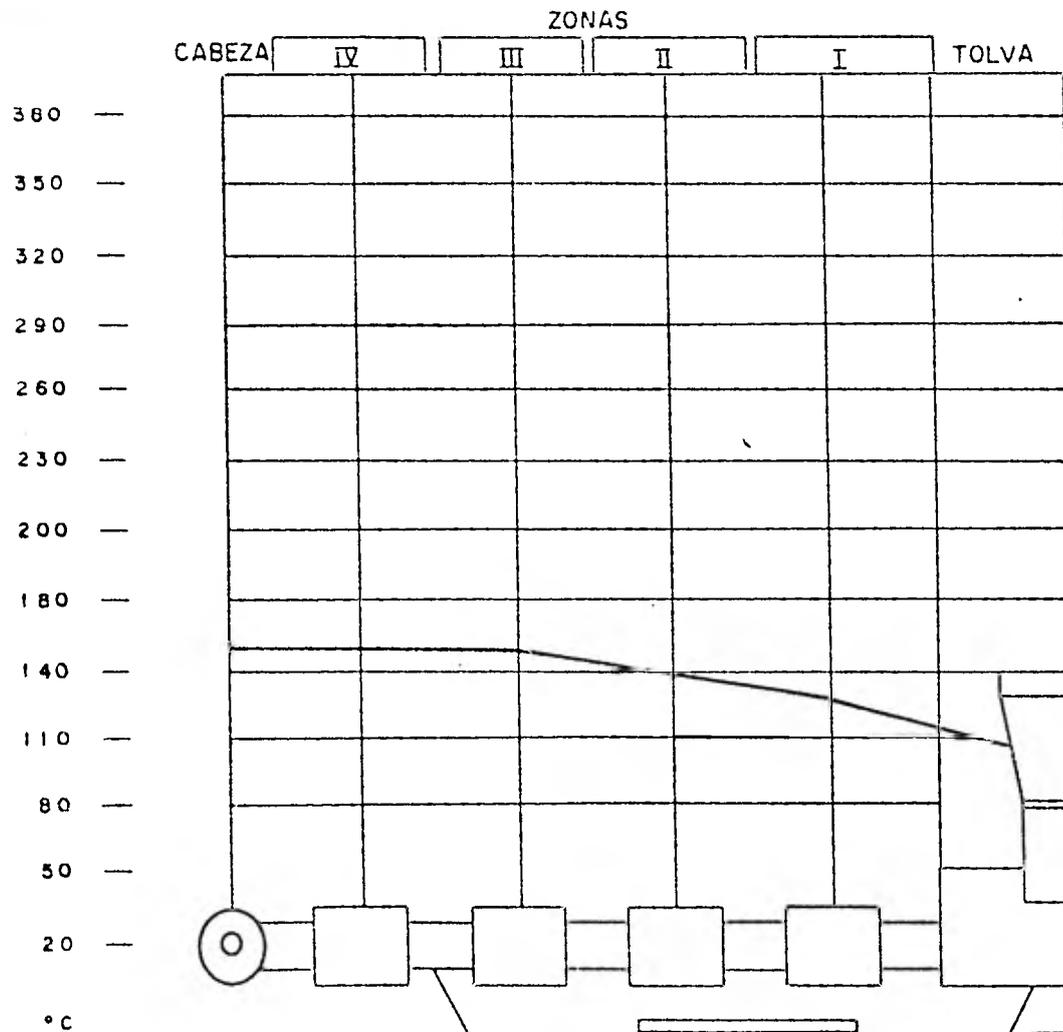
PESO ESPECIFICO	1.3. a 1.4	gr/CM ³
ESFUERZO A LA TENSION	1500 a 3500	PSI
DUREZA SHORE A	40 a 85	
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA	10 ¹¹ a 10 ¹⁵	CM
CONSTANTE DIELECTRICA	33 a 4.5	a 1 MHZ
RIGIDEZ DIELECTRICA	250 a 300	Volts/ML.
RESISTENCIA AL CALOR	60 a 105°	C.
ELONGACION	200 % a 400 %	

PROPIEDADES QUIMICAS:

EFECTO A LA LUZ SOLAR	PIERDE PLASTIFICANTES
RESIST. FLAMA	BUENO (SE APAGA)
EFECTO A LOS ACIDOS DEBILES	NINGUNO
EFECTO A LOS ACIDOS FUERTES	LEVE
EFECTO A LOS ALCALIS DEBILES	NINGUNO
EFECTO A LOS ALCALIS FUERTES	NINGUNO
EFECTO A LOS SOLVENTES ORGANICOS	SOLUBLE EN CETONAS Y ESTERES

MARCAS COMERCIALES:

GEON	RESISTOL	USA (MEX.)
POLIVISOL	LUGATOM	MEXICO



TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II.25

POLITETRAFLUROETILENO (TEFLON).

El compuesto de partida para la preparación del Tetrafluoroetileno (TFE) es el monoclorodifluorometano obtenido por fluorocación del cloroformo y catalizando con pentacloro de antimonio. El monoclorodifluorometano se condensa en un horno eléctrico a 650°C . en tubos de níquel y mediante destilación y rectificación se separa el monómero.

Lo mismo que para la polimerización del etileno, que se necesitan hasta 2,000 Atm y temperaturas superiores a 400°C ., sucede para la polimerización del (TFE). Pero en presencia de persulfato alcalino, de peróxido benzoilo etc., la polimerización se efectúa ya de 100 a 250°C . bajo una presión que varía de 100 a 300 Atm.

El POLITETRAFLUROETILENO (PTFE) es un polvo blanco ceroso, en su mayor parte cristalino. De todas las materias plásticas descritas hasta ahora, es la más resistente al calor (hasta 290°C .) y la menos atacada por los agentes químicos, solo lo atacan el sodio y el potasio fundido.

El PTFE presenta además la ventaja de tener un bajo factor de potencia unido a una baja constante dieléctrica. Otra importante característica es su antiadherencia.

Existen en el mercado varios tipos de materiales, cuya base es el fluorocarbono. A continuación tenemos una tabla con las propiedades de algunos de ellos.

	MATERIALES	HALAR	KYNAR	TEFLON FEP	*TEFLON TFE	TEFLON PFA	TEFZEL-ETFE
<u>PROPIEDADES</u>							
PESO ESPECIFICO-----		1.68	1.76	2.16	2.18	2.15	1.7
DUREZA SHORE D-----		75	75	59	52	60	75
ESFUERZO TENSION PSI-----		7,000	5,000	2,700	4,500	3,000	6,000
ELONGACION %-----		200	250	300	300	300	150
RESIST. ABRASION-----		F	E	F	F	FG	G
RESIST. CORTE-----		G	E	F	F	F	E
RESIST. AGUA-----		G	G	E	E	E	E
MAX. TEMP. OPER. °C-----		150	135	200	260	250	150
RESIST. FLAMA-----		E	G	E	E	E	G
CONSTANTE DIELECTRICA-----		2.5	6.4	2.1	2.1	2.1	2.1
RESISTIVIDAD VOLUMETRICA Ω /CM.-		> 10 ¹⁵	2x10 ¹⁴	>2x10 ¹⁸	>10 ¹⁸	10 ¹⁸	>10 ¹⁶
ESFUERZO DIELECTRICO VOLT/MIL.-		500	1000	1200	1200	1200	1300

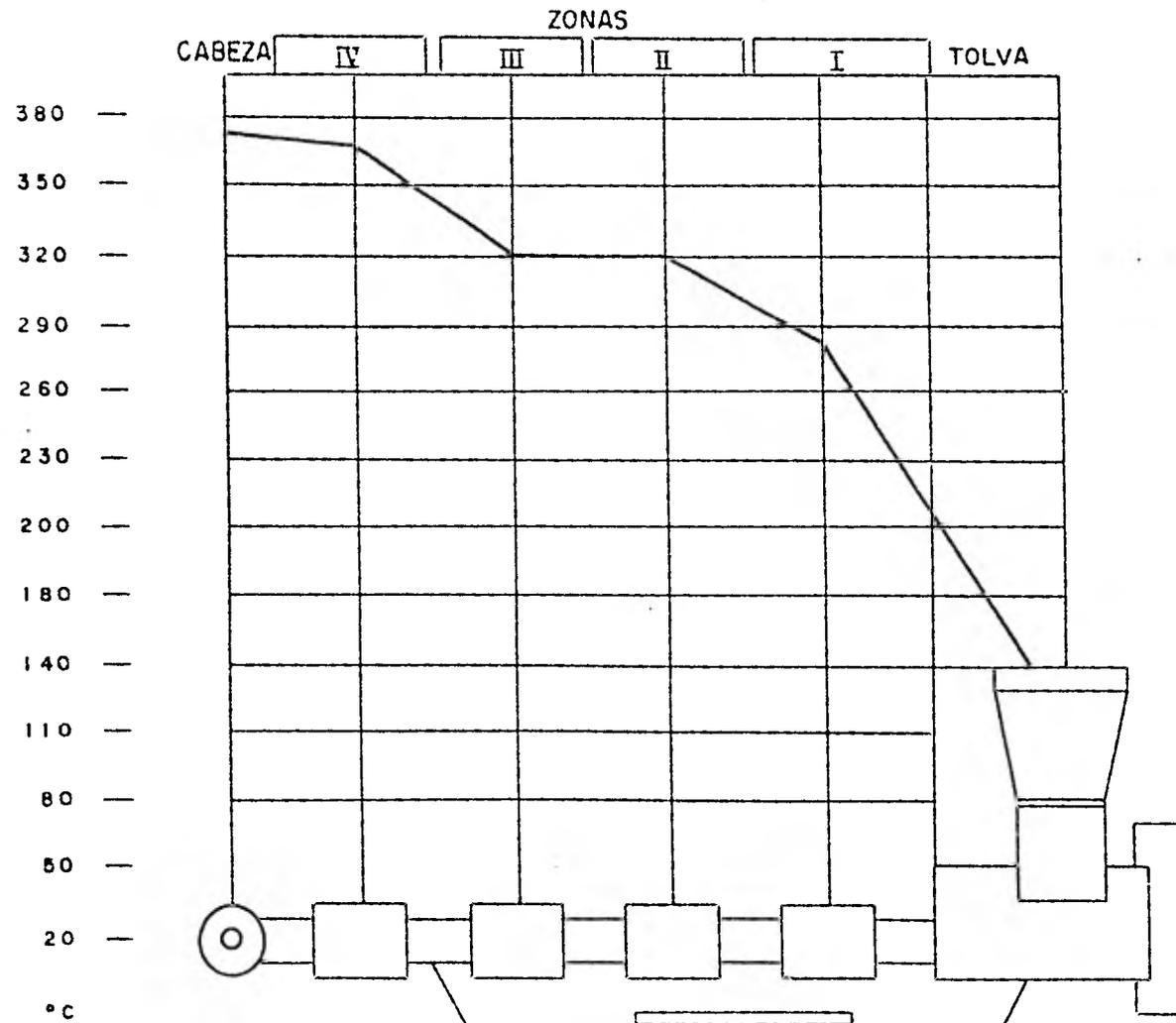
* ESTE MATERIAL NO SE PUEDE USAR PARA EXTRUSION CONTINUA

F = REGULAR
G = BUENO
E = EXCELENTE

MARCAS COMERCIALES:

KYNAR	PENNWALT	U. S. A.
HALAR	ALLIED CHEMICAL	U. S. A.
TEFLON FEP	DUPONT	U. S. A.
TEFLON TFE	DUPONT	U. S. A.
TEFLON PFA	DUPONT	U. S. A.
TEFZEL ETFE	DUPONT	U. S. A.

TABLA II.3



TEFLON F.E.P. 100

TESIS PROFESIONAL	
EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS	
TITULO PERFIL DE TEMPERATURA	
FIG.	II 26

II. 3. - APLICACIONES DE LOS MATERIALES EXTRUIBLES.

A continuación presentamos un cuadro con los usos más importantes de los materiales termoplásticos, desde el punto de vista extrusión.

Dependiendo del uso al que se destine el producto, las condiciones del proceso, temperatura de operación, los ajustes químicos, etc., deberá seleccionarse el material. Esta tabla sólo nos indica algunas de las posibilidades de procesabilidad de los materiales termoplásticos aquí tratados.

PRODUCTO / PROCESO	LAMINADOS	AISLAMIENTOS EN CONDUCTORES ELECTRICOS	CUBIERTAS EN CONDUCTORES ELECTRICOS	PERFILES	TUBOS	TUBOS CORRUGADOS	FILMS	INYECCION
ACETATO DE CELULOSA	X				X		X	
POLIAMIDAS	X	X	X	X	X	X		X
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	X	X	X		X	X	X	X
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	X	X	X					X
POLIETILENO CELULAR		X						
POLIPROPILENO	X	X		X	X		X	X
POLIESTIRENO	X	X(1)		X	X			X
ABS	X			X	X			X
SAN	X			X	X			X
HULES TERMOPLASTICOS		X	X				X	X
P. V. C. RIGIDO	X			X	X	X		X
P. V. C. FLEXIBLE	X	X	X	X	X		X	X
TEFLON (PTFE) (1)		X	X		X		X	
(1) EN FORMA DE CINTA								

TABLA II. 4

II. 4. - MATERIALES ELASTOMERICOS.

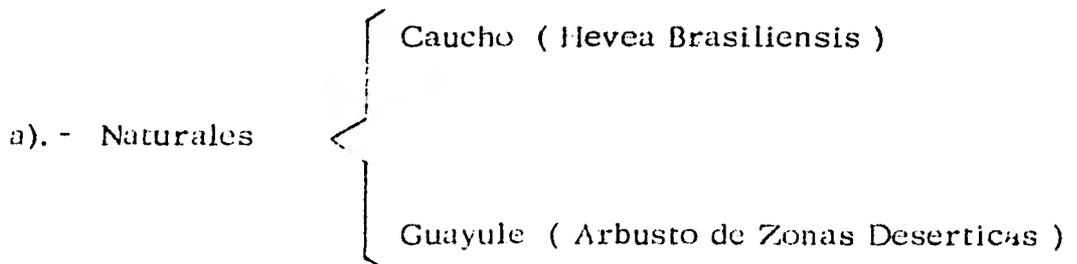
Con el deseo de complementar el capítulo de materiales termoplásticos, daremos en esta sección algunos datos de interés sobre materiales elastoméricos.

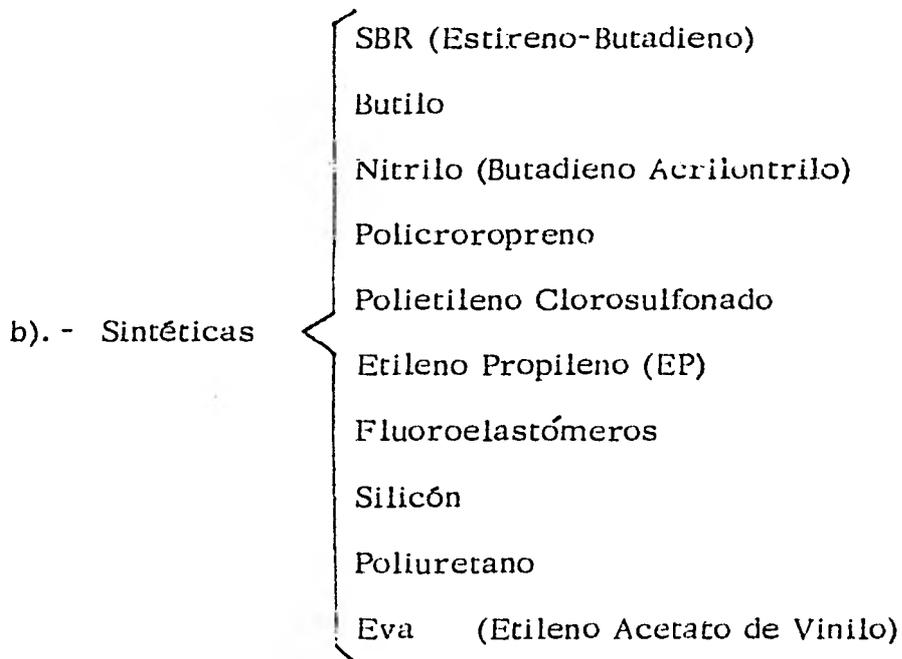
Cómo se vio en la sección 1 de este capítulo, un material plástico de construcción macromolecular, cuyas moléculas tienen ramificaciones transversales que se aprovechan para unir otras cadenas principales en pocos - puntos; es un material fuertemente estirable, con una estructura de las substancias al estado elástico. Dentro de este grupo caén los materiales elastoméricos. Estos materiales podemos definirlos de acuerdo a ASTM-1566-66-T (AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS) diciendo que un elastómero es un material macromolecular que retorna rápida a la forma y dimensiones iniciales, después de una deformación causada por una fuerza.

Los elastómeros clasificados en 2 grandes grupos:

a). - Naturales.

b). - Sintéticos.





La obtención de la mayoría de los materiales Elastómericos son patentes, por lo que sólo hacemos algunos comentarios breves de su estructura, y daremos sus propiedades tanto físicas como químicas.

SBR Es un copolimero de estireno Butadieno elaborado en emulsión de Jabón de Acidos grasos y resinico en frío y coagulado con una mezcla de Sal-Acido.

De los elastómeros sintéticos es este el de mayor consumo a nivel nacional y de los pocos que se fabrican en México.

BUTILO Es un copolímero de Isobutileno con pequeñas cantidades de Isopreno. Se polimeriza con catalizadores de FRIDEL-CRATS a bajas temperaturas, en 1937 fué introducida ya en forma Industrial.

En USA por la ESSO. Este tipo de Elastómeros no se produce en México.

NITRILO Es un Copólímero de Butadieno y Acrilonitrilo y se polimeriza por el proceso de emulsión similar al que se usa para obtener SBR esto es, en ácido graso y con temperatura controlada y se coagula con una mezcla de Sal ácida.

POLICLOROPRENO Fué este Hule (NEOPRENO)
(NEOPRENO)

El primer Hule Sintético comercial de uso general que se produjo en E. U. A. se obtiene a partir de la polimerización del Monomero Monoclorobutadieno. Fué descubierto por J. A. NIEVAWLAND en los laboratorios de la Universidad de Notre Dame en 1931.

POLIETILENO CLOROSULFONADO Este Hule se fabrica a partir de la sustitución de grupos de Cloro y Clorosulfonado en el Polietileno, el grupo de Cloro cambia la rigidez plástica del Polietileno a una condición de Polímero de Hule y el Clorosulfonado crea las ramificaciones para que se pueda reticular ó Vulcanizar.

EP (ETILENO PROPILENO).

El E. P., también denominado EPR ó EPDM es un copolímero de Etileno y propileno el cual se polimeriza mediante el sistema de Ziegler. Es un material con excelentes propiedades eléctricas, por lo que es muy usado como aislamiento de conductores, así mismo es muy resistente al calor

y al Ozono, pero sin embargo no resiste a la Flama.

FLUOROELASTOMEROS

Formado por un polímero obtenido de hidrocarburo, ligados a átomos de Flúor. Estos materiales son excepcionalmente resistentes a los agentes químicos, aún cuando estén sometidos a elevadas temperaturas.

Dentro de sus principales características podemos destacar su resistencia a las bajas temperaturas (-23°C) y a las altas temperaturas (315°C).

Con excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la radiación. Tiene gran utilización en la Ind. del aire, espacio e Ind. Química.

SILICON

El Hule Silicón se desarrolló alrededor de 1934, y en 1945 se utilizó por la vez en un sistema de extrusión sobre alambre. Es este un material termofijo el cual es formado con goma de silicón, catalizadores y cargas. La goma de Silicón está formada por grupos orgánicos que son adheridos a las átomos de Silicón, dándole al compuesto gran estabilidad a altas y bajas temperaturas, flexibilidad, resistencia a los Solventes, Etc.

POLIURETANO

Desde 1849, son conocidas las bases químicas del Poliuretano, pero fué hasta 1930 cuando fué conocido cómo compuesto industrial importante. En 1937 fué descubierto el proceso de Di - Isocianato por poliadicción en Alemania, por el Profesor Otto Bayer.

Existe una gran gama de compuesto a base de Uretanos, siendo su

principal característica la resistencia a la abrasión.

EVA

Es la denominación de los copolímeros de Etileno y Acetato de Vinilo que se fabrica en solución bajo una presión media según un procedimiento desarrollado por la Bayer. Son polímeros de viscosidad relativamente baja y sus características vienen determinados primordialmente por la pro - porción de ambos componentes (Etileno, y Acetato de vinilo).

TABLA DE PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS ELASTOMEROS

PROPIEDADES	RESISTENCIA A ACIDOS		RESISTENCIA A DISOLVENTES			
DESIGNACION QUIMICA	DISUELTOS	CONCENTRADOS	HIDROCARBUROS			
			ALIFATICOS	ACROMATICOS	OXIGENADOS	DE LACAS
HULE NATURAL	R-B	R-B	P	P	B	P
SBR	R-B	R-B	P	P	B	P
BUTILO	E	B	P	P	B	R-B
NITRILO	B	B	E	B	P	R
POLICLOROPRENO	E	B	R-B	R	P-R	P
POLIETILENO CLOROSULF.	E	B	R-B	R	P-R	P
EP	E	B	P	P	E	R-B
FLUOROELASTOMERO	B-E	E	E	E	P	P-R
SILICON	E	R	P	P	R	P
POLIURETANO	R	P	R-B	P	P	P
EVA	B	P				

S = SOBRESALIENTE
 E = EXCELENTE
 MB = MUY BUENA
 B = BUENA
 R = REDUCIDA
 P = POCA

TABLA II.5

TABLA DE PROPIEDADES ELECTRICAS DE LOS ELASTOMEROS

PROPIEDADES	RESISTENCIA DIELECTRICA	AISLAMIENTO ELECTRICO
<u>DESIGNACION QUIMICA</u>		
HULE NATURAL	EXCELENTE	BUENO EXCELENTE
SBR	EXCELENTE	BUENO EXCELENTE
BUTILO	EXCELENTE	BUENO EXCELENTE
NITRILO	POCA	POCA
POLICLOROPRENO	MUY BUENA	REGULAR A BUENA
POLIETILENO CLOROSULF.	MUY BUENA	BUENA
FLUROELASTOMERO	SOBRESALIENTE	SOBRESALIENTE
SILICON	MUY BUENA	BUENA
POLIURETANO	EXCELENTE	BUENA
EVA	BUENA	BUENA
EP	SOBRESALIENTE	SOBRESALIENTE

TABLA II.6

TABLA DE PROPIEDADES VARIAS DE LOS ELASTOMEROS

PROPIEDADES DESIGNACION QUIMICA	RESISTENCIA AL ENVEJECIDO POR LUZ SOLAR CALOR LUZ CALOR	RESISTENCIA LLAMAS	RESISTENCIA BAJAS TEMPERAT.	RESISTENCIA PETROLEO Y GASOLINA	RESISTENCIA ACEITES
HULE NATURAL	P R	P	MB	P	P-B
SBR	P R-B	P	MB	P	P-B
BUTILO	MB MB	P	B	P	M-B
NITRILO	P B	P	R-B	E	M-B
POLICLOROPRENO	MB B	B	B	B	B
POLIETILENO CLOROSULF. EP	S MB	B	B	B	B
FLUOROELASTOMERO	S E	P-B	E	P	B-E
SILICON	S S	E	R-B	E	E
POLIURETANO	E S	R-B	S	R	B-E
EVA	MB R-B	R-B	E	B	B
	MB MB	R-B	R		R

S = SOBRESALIENTE
 E = EXCELENTE
 MB = MUY BUENA
 B = BUENA
 R = REDUCIDA
 P = POCA

TABLA II. 7

TABLA DE PROPIEDADES FISICAS DE ELASTOMEROS

PROPIEDADES DESIGNACION QUIMICA	RESISTENCIA TRACCION LBS/PULG ²	GAMA DUREZA (DUROM-A)	PESO ESPECIFICO gr/cm ³	ADHERENCIA A METALES	ADHEREN TEJIDOS	RESISTENCIA DESGARRE	REIST. ABRASION
HULE NATURAL	3000	30-90	0.93	E	E	MB	E
SBR	1000	40-90	0.94	E	B	R	B
BUTILO	1500	40-75	0.92	B	B	B	B
NITRILO	1000	40.95	1.00	E	B	R	B
POLICROROPRENO	3000	40.95	1.23	E	E	B	E
POLIETILENO CLORO SULF.	1500	40.95	1.12	E	B	R	E
EP	1000	30.90	0.86	R	B	R	B
FLUOROELASTOMERO	1200	50.90	1.80	R	B	R	B
SILICON	1500	40.85	1.14. 2.05	E	E	P	P
POLIURETANO	3000 a 8000	85A. 75D	1.20	E	MB	E	S
EVA	7250	85A	0.98	B	B	R	R-B

S = SOBRESALIENTE
 E = EXCELENTE
 MB = MUY BUENA
 B = BUENA
 R = REDUCIDA
 P = POCA

TABLA II. 8

MARCAS COMERCIALES DE ELASTOMEROS EN U. S. A.

<u>SBR</u>	HYMEX	HULES MEXICANOS	MEX.
	POLYSAR	POLIMER CORPORATION	CAN.
	NAUGAPOL	UNIROYAL	U. S. A.
	PHILPRENE	PHILLIPS	U. S. A.
	S	SHELL	U. S. A.
	SYNPOL	TEXAS U. S	U. S. A.
<u>BUTILO</u>	ENJAY BUTYL	ENJAY CH	U. S. A.
	BUCAR	COLUMBIAN C. C.	U. S. A.
	PETRO TEX-BUTIL	PETRO TEX	U. S. A.
	POLYSAR BUTYL	POLIMER CORP.	U. S. A.
<u>NITRILO</u>	PARACRIL	UNIROYAL CH	U. S. A.
	HYCAR	GOODRICH CH	U. S. A.
	CHEMIGUM	GOOD YEAR	U. S. A.
	FRN	FIRESTONE	U. S.
	KRYNAC	POLYSAR	CAN.
	TYLAC	INT. LATEX	U. S. A.
<u>POLICLOROPRENOS</u>	NEOPRENO	DUPONT	U. S. A.
	BAYPREN	BAYER	ALEM.
	DENKA		U. S. A.
	SKYPRENE	TSK	JAPON

POLIETILENO CLOROSULFUNADO	HYPALON	DUPONT	U. S. A.
<u>FLUOROELASTOMEROS</u>	VITON	DUPONT	U. S. A.
	FLUOREL	3M COMP.	U. S. A.
<u>EP.</u>	NORDEL	DUPONT	U. S. A.
	VISTALON	ESSCO CH	U. S. A.
	ROYALENE	UNIROYAL	U. S. A.
	DUTRAL	MONTECATINI	ITAL.
<u>SILICON</u>	SILASTIC	DOW CORNING	U. S. A.
	SILOPRENE	BAYER	ALEM.
	ELECTRISIL	G. ELECTRIC	U. S. A.
<u>POLIURETANO</u>	ADIPRENE	DUPONT	U. S. A.
	ARCON	ALLIEA	U. S. A.
	CATAPOL	ARNCO	U. S. A.
	CYANAPRENE	AMERICAN CYANAMID	U. S. A.
<u>EVA</u>	LEVAPREN	BAYER	ALEM.
	VYNATHENE	U. S. CHEMS	U. S. A.

CAPITULO III

EXTRUSION

III. 1. - GENERALIDADES.

Para iniciar este capítulo es conveniente comentar que en este capítulo centraremos nuestra atención en la maquinaria y proceso para la extrusión de termoplásticos.

Si tratáramos de establecer, en qué lugar, fecha y quienes fueron los precursores de la extrusión, la respuesta sería incierta, sin embargo lo que si se puede afirmar es que este proceso arranca industrialmente desde comienzos del siglo XIX.

La palabra extrusión, proviene de las raíces latinas "ex" y "trudere", que significan, respectivamente "fuerza" y "empujar".

Se puede definir la extrusión como el proceso de forzar un material a pasar o fluir continuamente a través de un dado, para obtener un producto conformado a una sección transversal constante y de longitud ilimitada. Todo el proceso se efectúa bajo condiciones reguladas, principalmente de presión, temperatura y velocidad.

Debemos de señalar el aspecto muy importante de que una vez que ha sido efectuada la extrusión el producto que se obtiene de salida en la boquilla, se encuentra en un estado aún sin solidificar y para que el producto tome rigidez o se endurezca, se somete a refrigeración exterior después del dado con baños fríos de agua o aire.

Esta refrigeración exterior será tratada en el Capítulo IV.

Este proceso en general ha sido útil para fabricar por ejemplo: tuberías de plomo, electrodos de carbono, perfiles de aluminio, piezas de vidrio y muchos artículos de plástico.

III. 2. - EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS.

Los termoplásticos se pueden extruir por medio de tres métodos diferentes.

- a). - Extrusión húmeda.
- b). - Extrusión seca.
- c). - Hilatura.

a). - Extrusión húmeda.

Este proceso se caracteriza fundamentalmente por usar disolventes o plásticos líquidos con el objeto de ablandar la materia plástica y así poder efectuar la extrusión en forma de pasta o solución. La extrusión es seguida por secado en estufa para eliminar los disolventes y endurecer el producto.

Este proceso, es propio de los polímeros, conocidos como termofraguantes, los cuales pasan de líquidos fríos a sólidos por la acción del calor.

Este proceso se aplica generalmente a materiales como el nitrato de celulosa y el acetato de celulosa por medio del mecanismo cilindro-pistón, aunque también es factible, usar una máquina extrusora de tornillo, con la desventaja de desperdiciar las propiedades de mezcla y aportación térmica, que caracterizan a esta máquina. (Ver figura III. 1).

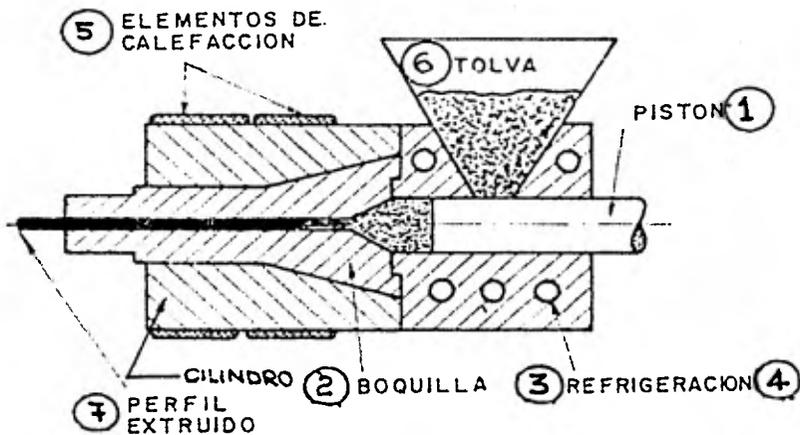


FIG. III. 1. - EXTRUSORA DE PISTON PARA TERMOFRAGUANTES

- 1). - PISTON 2. - CILINDRO 3). - BOQUILLA
 4). - REFRIGERACION 5). - CALEFACCION
 6). - TOLVA 7). - PERFIL EXTRUIDO

En el primero se reduce al peligro de incendio debido a la inflamabilidad del material y en el segundo se obtiene un mejor acabado de la superficie.

b). - Extrusión seca.

Este es el proceso más empleado para la fabricación de una multitud de perfiles de materiales termoplásticos. En este inciso cabe distinguir, que para realizar la extrusión seca se requieren dos aspectos: un proceso y una máquina de extrusión.

Teniendo ambos aspectos una gran relación entre si.

Por una parte, la máquina que mejor se adapta a la extrusión (existen otras máquinas de extrusión las cuales serán tratadas, en el capítulo - VI), seca es la que tiene el mecanismo de cilindro-tornillo.

La cual consta esencialmente de cuatro componentes:

1. - Tolva.
2. - Cilindro.
3. - Tornillo.
4. - Dado.

*(Ver figura III. 2).

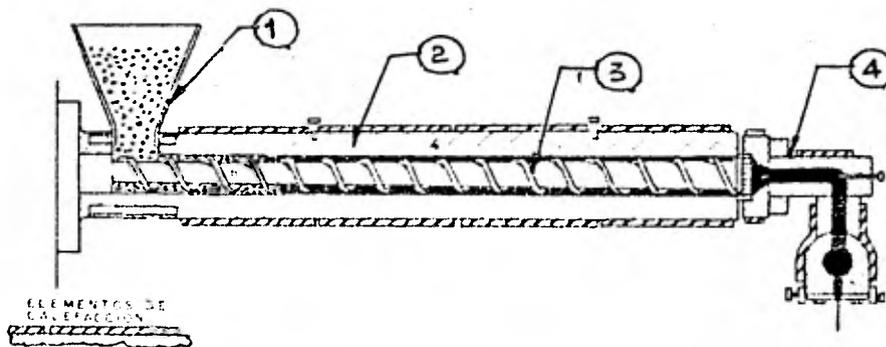


FIG. III. 2. - COMPONENTES BASICOS DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE TERMOPLASTICOS.

Por otra parte, el proceso de extrusión seca, consiste en alimentar materia prima plástica a la tolva, en seguida el material cae por gravedad y queda atrapado entre el tornillo y el cilindro. Como el cilindro está some

tido a un suministro de calor, el material plástico, se funde en forma de masa plástica, la cual es transportada por la rotación del tornillo sin-fin hasta el dado, donde la masa plástica es conformada a un perfil, es decir se efectúa el proceso de extrusión.

En este proceso no se aplican disolventes o plastificantes, se hace uso del calor y trabajo mecánico para fundir el material termoplástico.

Los termoplásticos pasan de líquidos calientes, a sólidos por la acción de una refrigeración.

c). - Hilatura.

Este es el proceso empleado por la obtención de fibras artificiales a partir de polímeros fundidos o en solución.

De este modo se extruyen monopolamentos de rayón, nylon y otras fibras sintéticas. El método consiste en bombear a baja presión de arriba hacia abajo el material fundido de poca viscosidad, obligándolo a pasar por una boquilla múltiple llamada "hilera" de esta manera salen finos chorritos de material que solidifican por un rápido enfriamiento o coagulación, para posteriormente, someter a estos hilos a un estirado y calibrado.

Se puede considerar tres variaciones del proceso de hilatura.

a). - Hilatura de un polímero fundido, por ejemplo:

Nylon y Polietileno.

b). - Hilatura de una solución como rayón, acetatos, etc.

c). - Hilatura de un material coagulable por ejemplo: latex de caucho, viscosa, etc.

III. 3. - MAQUINARIA DE EXTRUSION.

Para efectuar el proceso de extrusión, existen en el mercado diversas máquinas que son diferentes entre sí, por su construcción y operación.

En este capítulo mencionaremos una clasificación general de la maquinaria de extrusión, sin embargo, en este inciso sólo nos limitaremos a estudiar y describir la máquina extrusora de tornillo, por la razón de que estas máquinas son las empleadas en proporción abrumadora respecto al número total de máquinas de otro tipo empleadas en la actualidad.

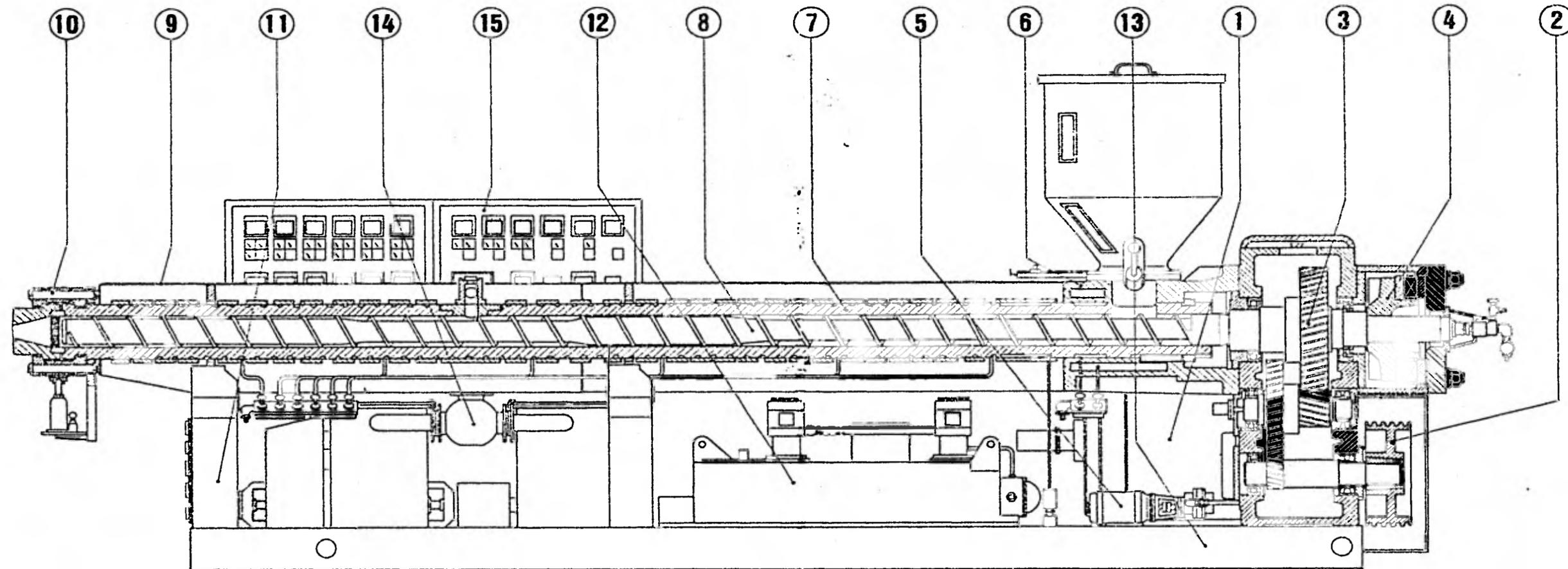
Clasificación General de Maquinaria.

extrusoras de desplazamiento positivo	}	extrusoras de pistón
		bombas de extrusión (bombas de engranajes)
extrusoras de fricción viscosa	}	extrusoras de rodillos
		extrusora de tambor rotatorio
		extrusora de tornillo:
		}
	un solo tornillo	
	doble tornillo	
		}
	tornillos múltiples	
otros tipos de extrusora	}	extrusora elastodinámica
		extrusora hidrodinámica

III. 4. - MAQUINA EXTRUSORA DE UN TORNILLO.

En este inciso comienza propiamente el estudio de la maquinaria de extrusión de un solo tornillo. El objetivo de este estudio es conocer a la máquina en cuanto a sus equipos y componentes mecánico-eléctricos principales y a la vez la forma como funcionan dichos componentes.

Para llevar a cabo este objetivo, presentamos a continuación un dibujo que muestra y numera las partes componentes mecánicas principales de la máquina extrusora. Con el objeto de proporcionar una información técnica más amplia y concreta, estas partes serán estudiadas por separado. (Ver figura III. 3).



Sistema modular totalmente variable que permite la composición óptima del equipo según la técnica de proceso, con un adecuado intercambio de los módulos. Se cubre todo el campo de la extrusión. El sistema no solo permite el cambio de las máquinas fabricadas según el concepto usado hasta la fecha, sino que también la fabricación de extrusoras en su ejecución **standard** y para los casos especiales para los cuales hasta ahora se necesitaban construcciones especiales muy caras. A raíz de esta flexibilidad se pueden incorporar en el sistema p. ej. **nuevos desarrollos** sin modificación de la tecnología de fabricación. En base a los módulos existentes se puede concebir fácilmente una variante. Todas las planificaciones del **procesador de plásticos** se pueden considerar, hasta tomar en cuenta modificaciones posteriores. La concepción del equipo se hace siempre tomando en cuenta el producto a fabricarse, con una **producción máxima y alta economía**.

1 Motor de accionamiento

El motor montado al lado del cilindro de la extrusora se puede emplear desde 7,5 hasta de 600 kW. Motores de corriente trifásica en derivación de 7,5 a 60 kW. Motores de corriente continua en derivación de 7,5 a 600 kW.

2 Accionamiento mediante correas

La transmisión de fuerza entre el motor de accionamiento y el reductor se efectúa mediante un accionamiento de correas trapezoidales libre de golpes y vibraciones. El cambio del rango de velocidades y por consiguiente de

los momentos de torsión se consiguen fácilmente con un cambio rápido y sin problemas de las poleas.

3 Reductor

El reductor está alojado en una caja de fundición libre de vibraciones. Los engranajes con dientes oblicuos garantizan un funcionamiento silencioso y distribución pareja de la fuerza, con un máximo de duración. Todos los ejes están alojados en descansos de rodamientos ampliamente dimensionados.

4 Descanso de presión axial

El descanso de presión axial está montado en forma fácilmente accesible en la parte posterior de la caja del reductor, con el fin de protegerlo del calor molesto proveniente del cilindro.

El montaje de un descanso de presión axial nuevo solamente requiere unas pocas horas de trabajo.

5 Bomba de aceite

La bomba de aceite, la que es accionada por medio de un motor eléctrico propio, provee tanto el descanso axial como el reductor con suficiente aceite en cada revolución del tornillo. Un control de flujo asegura la lubricación. En el momento que baja la cantidad de aceite fijada, se cierra un contacto y entran en acción una alarma acústica y otra óptica.

6 Descanso del cilindro

El cilindro descansa en un soporte de fundición especial, el que también soporta a la tolva. Este soporte tiene dos sistemas de refrigeración — la refrigeración de la entrada del material al cilindro y de la cámara que circunda la zona de alimentación.

7 Cilindro

El cilindro normalmente se fabrica con acero de nitruración. Para casos de materiales plásticos muy agresivos y abrasivos REIFENHAUSER ofrece cilindros con un revestimiento interior altamente resistentes a los ácidos. Para la calefacción se emplean muchas bandas de calefacción a base de resistencia aisladas con mica o con cerámicas. El agua de refrigeración circula por los serpentines de cobre ubicados debajo de la calefacción. La calefacción del cilindro está subdividida en varias zonas reguladas mediante reguladores electrónicos de temperatura de tres puntos.

8 Tornillo

El tornillo normalmente se fabrica de acero de nitruración. Para casos especiales se dispone de tornillos blindados y con recubrimiento de cromo.

9 Recubrimiento del cilindro

El cilindro está protegido mediante una cubierta de chapa, la que en los extrusoras chicas es ejecutada como capota y las más grandes como cubierta con tapa por el lado de servicio. La revisión de las partes importantes es muy sencilla en esta forma.

10 Cierre de cuña

Para el montaje rápido del cabezal se emplea un cierre de cuña de varias piezas, calefaccionado.

11 Conexiones eléctricas para el cabezal

Las conexiones para la calefacción del cabezal están alojadas en las extrusoras EH en la parte inferior del soporte. En las extrusoras ET hay una caja separada en el soporte.

12 Grupo de circulación de agua de refrigeración

Para la refrigeración del cilindro se tiene agua tratada en un sistema de refrigeración a circuito cerrado. El agua se hace circular mediante una o dos bombas de circulación y se hace llegar a través de un sistema de distribución a las diferentes zonas del cilindro. En un intercambiador de calor, ampliamente dimensionado, se enfría la mezcla de agua y vapor y se envía a un depósito.

13 Base

Los elementos modulares 1 hasta 12 están montados en una base, la que ha sido maquinada tanto en su parte superior como en la inferior. La extrusora se puede transportar como unidad.

14 Equipo de vacío

Con el fin de absorber los productos volátiles de la masa fundida se emplean grupos de absorción muy eficientes, en diversas ejecuciones. La abertura para absorción en el cilindro se puede cerrar herméticamente mediante un tapón.

15 Armario de control eléctrico

Un armario separado de construcción de lámina de acero contiene todos los elementos de regulación y mando que son necesarios para el correcto funcionamiento de la extrusora. En puertas abatibles se encuentran dispuestos en forma ordenada todos los elementos de servicio y comando, como los reguladores electrónicos, amperímetros e interruptores para cada zona de calefacción, indicador de la temperatura del cilindro, corriente del motor e indicación de las revoluciones del tornillo y también el control de flujo de aceite.

FIG. III. 3. - MAQUINA EXTRUSORA DE PLASTICO DE UN TORNILLO SIN-FIN.

Antes de proceder a estudiar las partes componentes de la máquina extrusora, deseamos exponer algunos datos y aplicaciones de la máquina - extrusora de un tornillo.

Actualmente se fabrica por extrusión una elevada proporción de productos plásticos, como por ejemplo:

1. - Placas y películas.
2. - Filamentos, tubos, varillas y todo tipo de perfiles plásticos.
3. - Recubrimiento de cables y alambre.
4. - Recubrimiento de láminas y películas.

Y otras varias aplicaciones. Todo esto es posible mediante una adecuada combinación de boquillas y condiciones de maquinaria.

Por condiciones de maquinaria nos referimos a la máquina adecuada por su relación L/D para extruir correctamente un determinado polímero, también nos referimos a la precisión de los sistemas de calentamiento y enfriamiento, a el equipo auxiliar de arrastre del estrudado, a la velocidad de extrusión o producción puesto que estas condiciones de maquinaria determinan el 50% de la importancia para la obtención de artículos de buena calidad. Otros 25% de la importancia puede atribuirse a el correcto funcionamiento de la máquina y el 25% final a las adecuadas propiedades del polímero utilizado.

Por otra parte, para entender a la máquina extrusora de un tornillo, podemos utilizar dos enfoques importantes y que además están muy relacionados entre sí, nos referimos a la teoría científica y la teoría técnica

ca de la máquina extrusora.

La teoría científica de la máquina, nos proporciona una visión del comportamiento y las relaciones que existen entre los diversos parámetros que actúan sobre el material plástico durante la extrusión. Por estos parámetros nos referimos a: el calor, la presión, la temperatura, la densidad, la viscosidad, la velocidad, etc.

Esta teoría científica, puede ser enfocada desde varios campos, como por ejemplo, la transferencia de calor, la mecánica del medio continuo y otros campos.

En este capítulo, sólo nos limitaremos a desarrollar una teoría elemental matemática, acerca de la velocidad, gasto y potencia, necesarios para realizar la extrusión. Así mismo haremos comentarios acerca del comportamiento del polímero a su paso por la geometría del tornillo sin fin.

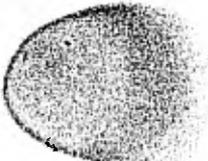
Por otra parte, presentaremos una teoría-técnica concreta de la máquina, la cual será desarrollada en las páginas siguientes.

ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA

Por la gran variedad de marcas y modelos de máquinas extrusoras - que existen en el mercado, no es fácil la elección de una máquina extrusora para un cierto propósito, ahora bien, en este punto deseamos exponer un formato técnico, que incluye los datos técnicos principales de estas máquinas.

El primer dato técnico que nos va a proporcionar, una idea de la capacidad de producción y dimensión de la máquina extrusora para un cierto propósito, es lo que se conoce como relación L/D (longitud/diámetro); es - decir es la razón entre la longitud del tornillo y el diámetro del mismo. De tal modo podemos especificar una máquina con relación L/D equivalente a - 15/1, ó 20/1, etc.

A continuación exponemos el formato técnico que mencionamos.



FORMATO TECNICO

ESPECIFICACION	UNIDADES	(*) RANGO DE OPERACION	OBSERVACIONES
PRODUCCION REQUERIDA	Kgs/Hr	10 A 1200	LA PRODUCCION, - PUEDE SER DE UN TERMOPLASTICO - CUALQUIERA.
DIAMETRO TORNILLO	mm	20 A 200	
RELACION L/D	-	20:1 ó 40:1	40:1 ES DISEÑO ES PECIAL PARA ALTA PRODUCCION
CAPACIDAD DE TOLVA	Kgs.	2 A 480	
ZONAS DE CALENTA - - MIENTO	-	2 A 9	DEPENDE DE LA - CALIDAD DEL PRO DUCTO A EXTRUIR
POTENCIA TERMICA	Kws.	1 A 135	
POTENCIA DEL MOTOR	CV.	3 A 600	DE ACUERDO A LA PRODUCCION
PESO DE MAQUINA	Kgs.	200 A 17000	

(*) LOS VALORES REPRESENTAN EL MINIMO Y MAXIMO EXISTIENDO TAMBIEN VALORES INTERME
DIOS MANTIENEN UNA RELACION EN TODA LA COLUMNA DE RANGO DE OPERACION.

SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

Por accionamiento deseamos dar a entender, los componentes mecánicos que intervienen en la propulsión del tornillo en una máquina extrusora estos componentes mecánicos son tres: a). - El sistema motriz constituido por el motor, b). - La transmisión y c). - El reductor de velocidad.- (Ver figura III. 4)

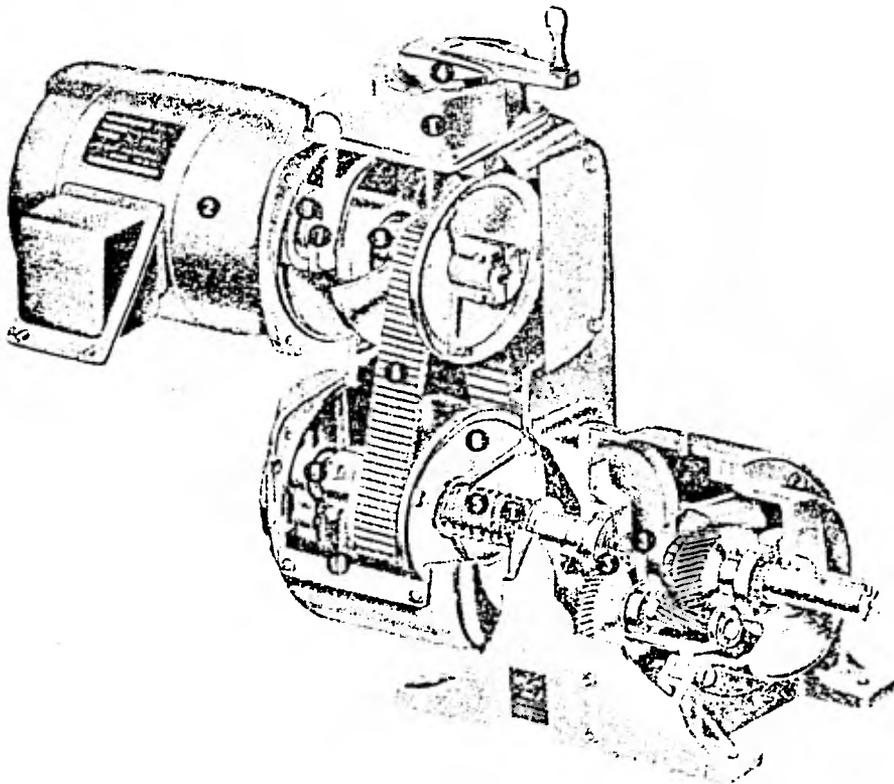


FIG. III. 4. - SISTEMA ACCIONAMIENTO

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. - Mec. Control Manual. | 5. - Muelles compensadores. |
| 2. - Motor C. A. | 6. - Poleas. |
| 3. - Engrane y Piñon de alta Vel. | 7. - Ajuste de Poleas. |
| 4. - Unidad Control. | 8. - Correa de Transmisión. |

a). - El tipo de motor que tienen las extrusoras, pueden ser de C. A. o C. D. y también puede la máquina extrusora trabajar con ambos motores alternativamente.

Los motores de corriente alterna, con rotor jaula de ardilla son los más utilizados para los extrusores, un rango de potencia de 7 H. P. a 600 H. p. estos motores de C. A., se comportan como un motor en derivación (shunt), es decir, la velocidad de este es independiente de la carga. Este hecho nos sirve para mantener una velocidad y par constante. Para compensar la alta corriente que absorben estos motores en el arranque podemos usar arrancadores automáticos del tipo estrella - delta, o un autotransformador etc.

También es posible utilizar un motor eléctrico de corriente continua como unidad motriz. Estos motores de C. D. operan con potencias del orden de 10 a 50 H. P. y además son de velocidad variable en función del voltaje de campo y de armadura.

Ambos tipos de motores, suelen estar provistos de un ventilador de enfriamiento el cual es operado por un motor de C. A. monofásico independiente, o está acoplado a la misma flecha del motor.

b). - Las transmisiones utilizadas para acoplar el motor eléctrico al reductor de velocidad en las máquinas extrusoras son generalmente de tipo mecánico, aunque también pueden ser eléctricas e hidráulicas.

Las transmisiones mecánicas suelen ser del tipo de fricción o acoplamiento.

Las transmisiones del tipo de fricción son por ejemplo:

Las poleas con bandas trapezoidales o en "V".

La polea trapezoidal, de paso variable y una banda,

La polea y banda plana: la polea y banda estriada o dentada, etc.

Las transmisiones de acoplamiento son por ejemplo por catarinas - y cadena, por corona y sin-fin o por engranes, pero a pesar de que estas - transmisiones son más precisas, presentan desventajas de ser costosas, - ruidosas y peligrosas. (Ver figura III. 5)

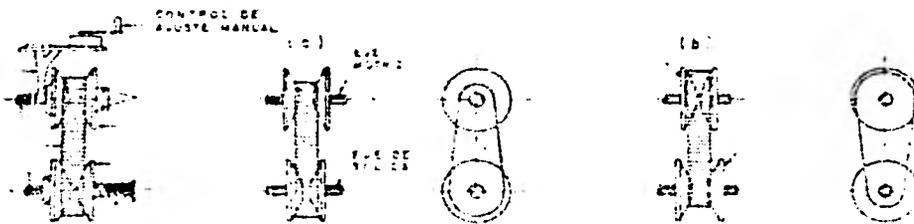


FIG. III. 5. - TRANSMISION POR POLEAS CONICAS DE PASO VARIABLE.

- a). - BAJA VELOCIDAD DE SALIDA.
- b). - ALTA VELOCIDAD DE SALIDA.

Las transmisiones eléctricas, son conocidas como embrague electromagnético y operan por el principio de corrientes parásitas o de Foucault. (Ver figura III. 6).

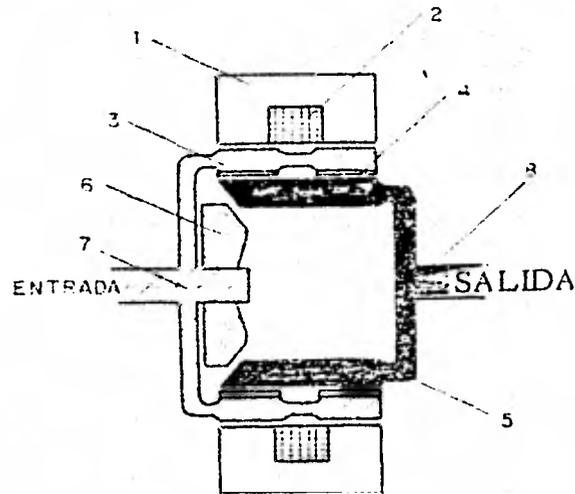


FIG. III. 6. - EMBRAGUE ELECTROMAGNETICO, EFECTUANDO LA FUNCION DE TRANSMISION ELECTRICA.

- 1). - ESTATOR 2). - BOBINA 3). - ROTOR ANULAR
 4). - POLOS 5). - ROTOR CONTROL 6). - VENTILADOR
 7). - EJE DE ACOPLAMIENTO AL MOTOR 8). - EJE DE ACOPLAMIENTO AL REDUCTOR.

Las transmisiones hidráulicas son turbinas acopladas por medio de el impulso energético de un fluido.

Es decir, la Turbina Motriz, proporciona Energía Cinética a un Fluido y este Fluido impulsa a la otra Turbina. (Ver figura III. 7).

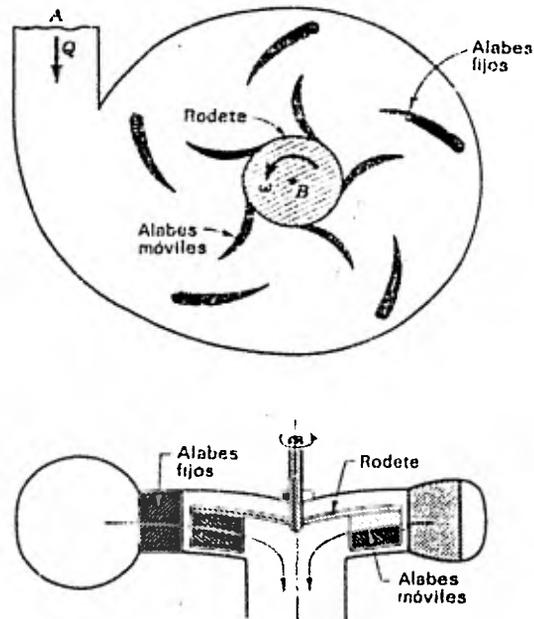


FIG. III. 7. - ACOPLAMIENTO HIDRAULICO

c). - Por último el reductor de velocidad está alojado en una caja de fundición, libre de vibraciones.

Adentro de esta caja de fundición están los engranes silenciosos helicoidales, montados en sus ejes, y estos a su vez en cojinetes.

El reductor de velocidad tiene la misión de transmitir el tornillo la potencial del motor y disminuir la velocidad de rotación del mismo motor.

De esta manera el reductor puede disminuir una velocidad angular de 1000 R. P. M. hasta un rango de 10 a 120 R. P. M.

La lubricación forzada, del reductor de velocidad y descanso de presión axial del tornillo y cojinetes, es efectuado por un pequeño sistema hidráulico el cual consta de una bomba de aceite de engranes, con su mo-

tor propio provista de un filtro magnético, y un control de flujo que detecta por medio de una alarma acústica, y óptica, el bajo nivel de aceite. (Ver - figura III. 8).

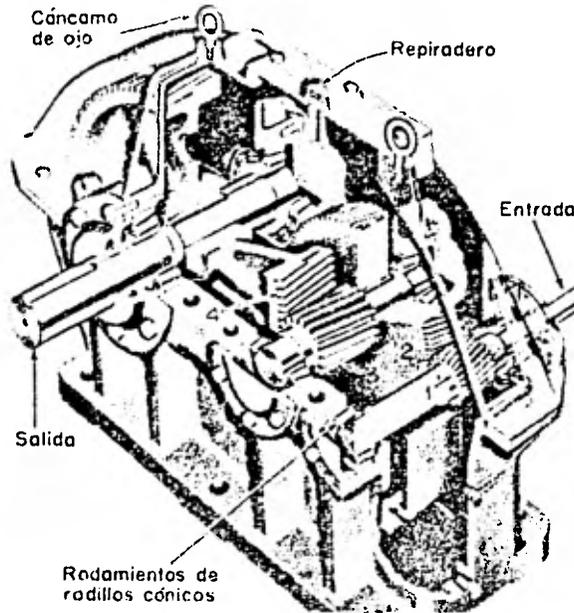


FIG. III. 8. - REDUCTOR DE VELOCIDAD

SE PUEDE OBSERVAR LA CAJA DE FUNDI -
CION, ENGRANES HELICOIDALES Y LOS -
DOS EJES DE ENTRADA Y SALIDA.

EL CILINDRO.

El cilindro de una máquina extrusora, se encuentra montado, nor - malmente en un soporte de fundición especial, el cual soporta también a la tolva. Este soporte cumple también las funciones de refrigerador la entra - da del material al cilindro y de la cámara que circunde la zona de alimen - tación.

El cilindro se fabrica regularmente mediante fundición de aceros especiales para nitruración; son manufacturas con diámetros que van de 100 mms. hasta 500 mm. e inclusive especiales que alcanzan diámetros de 900 mms.

Resisten bien, presiones de hasta 700 kg/cm^2 y temperaturas del orden de 500°C .

El cilindro está diseñado para cumplir con las siguientes funciones:

- Aloja con alta precisión a el tornillo de extrusor.
- Recibe y acumula el material plástico como una cámara de calentamiento, puesto que a través de sus paredes se logra la transferencia de calor, para fundir la masa de material plástico.
- Contiene parte y soporta los efectos del sistema de calefacción, a través de su longitud.
- Contiene parte y soporta los efectos de el sistema de refrigeración a través de su longitud.
- Presenta propiedades mecánicas para resistir altas presiones - también resiste alta abrasión y corrosión en su pared interna - que es muy dura.
- Puede contener el equipo de vacío, para expulsión de gases.

La longitud de un cilindro se considera desde el plato rompedor hasta la parte posterior a la entrada de alimentación. Esta longitud es variable depende de la relación L/D .

Un cilindro largo es más efectivo por que con el puede obtenerse un mejor control de temperatura, proporcionando un calentamiento más uniforme del material, lo cual nos proporciona un producto de mayor calidad.

Aparte de los cilindros de fundición, que son maquinados y tratados térmicamente a la nitruración; es muy frecuente encontrar los cilindros encamisados interiormente con aleaciones bimetálicas de acero especial muy resistente a la abrasión y corrosión.

La experiencia y los datos técnicos, muestran que los cilindros con recubrimiento interno de acero especial (cuyos nombres comerciales son Xalox, Railoy, etc.) puede durar de seis a ocho veces más que los cilindros con superficie interna nitrurada.

Algunos cilindros, son manufacturados, con muescas en su pared interna, para mejorar la adherencia de la masa plástica e influir en el flujo de fricción o avance. (Ver figura III. 9).

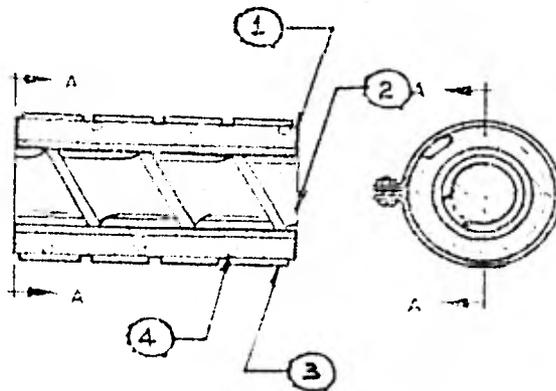


FIG. III. 9. - PORCION DE UN CILINDRO

1). - CILINDRO 2). - TORNILLO 3). - SISTEMA DE CALENTAMIENTO 4). - SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ZONAS DE TEMPERATURA.

La temperatura a lo largo del cilindro no es constante, es decir, el cilindro está dividido en zonas de calentamiento, estas zonas pueden ser tres o cuatro, cada una de estas zonas de calentamiento conservando una temperatura particular.

Por ejemplo el cilindro de una extrusora con cuatro zonas de calentamiento, donde la primera zona está ubicada en la base de la tolva de alimentación y se encuentra a una temperatura casi fría de 66°C , para facilitar una buena alimentación.

La segunda zona precalienta a fondo y mezcla el compuesto de tal forma que se desliza adecuadamente a través del tornillo.

La tercera zona está a una temperatura más elevada que la que coexiste en la segunda zona y lleva el material hasta una temperatura próxima a la de extrucción, según el material de que se trate.

La cuarta zona sobrepasa en temperatura a la tercera zona, proporcionando al fluido plástico el calor suficiente para llevarlo a la temperatura de extrusión inclusive la cuarta zona abarca a el dado o matriz. (Ver figura III. 10).

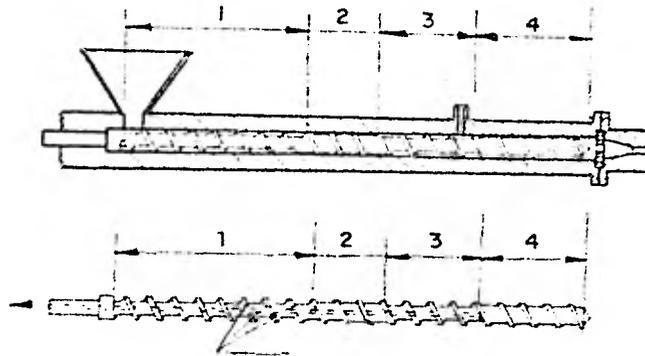


FIG. III.10. - ZONAS DE TEMPERATURA

- a). - CILINDRO DE 4 ZONAS CON ORIFICIO DESGASIFICADOR.
 b). - TORNILLO CON LAS 4 ZONAS TERMICAS - DEL CILINDRO (a).

TORNILLO.

El tornillo es la pieza esencial que trabaja sobre el material en una máquina extrusora. El tornillo actúa, como un transportador de hélice sin fin, que el girar con una cierta velocidad angular la transmite a la masa plástica un empuje o presión de esta forma obliga a la masa plástica a extruir a través del dado.

Esta pieza mecánica ha recibido una atención especial en cuanto a su diseño, su forma geométrica, se asemeja mucho a los tornillos comerciales, puesto que, podemos describirlo por dimensiones referentes a el - paso de la rosca, el ángulo de la rosca, los diámetros exterior, interior - y de raíz.

Sin embargo en un tornillo de máquina extrusora, sus especificaciones o datos anteriores son variables, para ilustrar este hecho mostramos a continuación un dibujo mecánico de un tornillo de máquina extrusora. - - (Ver figura III. 11).

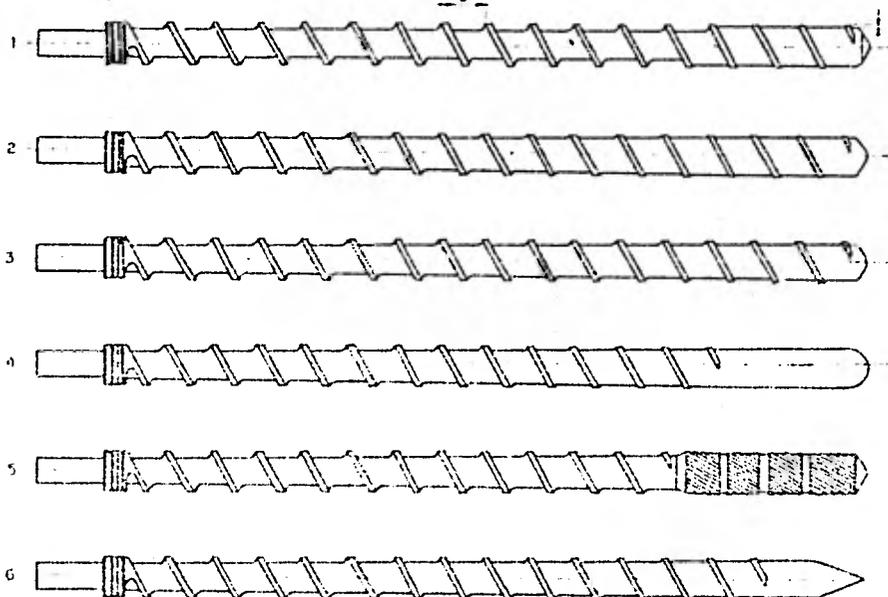


FIG. III. 11. - DIFERENTES TIPOS DE TORNILLOS

- 1). - TIPO NYLON
- 2). - TIPO POLIETILENO
- 3). - USO GENERAL (P. V. C. POLIOLEFINAS ETC).
- 4). - TORNILLO CON CABEZA PLASTIFICADORA, TIPO BUTIRATO.
- 5). - TIPO ESTIRENO, CON CABEZA PLASTIFICADORA MOLETEADA.
- 6). - TIPO SARAN.

El tornillo tiene varias funciones importantes que realizar, de las que más sobresalen son:

- Transporta el material plástico desde la tolva de alimentación -

hasta el dado de extrusión, en este transporte el material termoplástico funde.

- Durante su rotación se produce un mezclado del material.
- Genera la presión de extrusión ayudado por la placa perforada y las mallas, éste último equipo será tratado más adelante.

Un tornillo de máquina extrusora se puede especificar por su relación longitudina / diámetro de esta manera, el tornillo puede ser 15/1, 20/1, 30/1 etc.

En cuanto a su diámetro el rango de tornillo comerciales los encontramos entre $\phi = 3/8''$ a $\phi = 20''$.

Los tornillos por lo general se fabrican de acero de nitruración donde los filetes del tornillo están tratados por ionitruración este hecho se traduce en una capa con alta resistencia al desgaste, en casos especiales se puede cromar el tornillo.

Un aspecto importante de un tornillo es el hecho de que en movimiento giratorio (r. p. m.) es transmitido por medio de un acoplamiento mecánico entre el tornillo y un reductor de velocidad, lógicamente aparte de este acoplamiento existen baleros y/o cojinetes de apoyo que por una parte centran el movimiento rotatorio del tornillo con respecto al cilindro, y por otra parte resisten la contrapresión o reacción que proviene de la oposición presentada por las mallas y placa perforada, al flujo plástico. Esta contrapresión alcanza valores de 200 kg/cm^2 y hasta 500 kg/cm^2 .

Como podemos entender, esta contrapresión puede dañar a los baleros y es de hecho una de las limitaciones mecánicas de una máquina extrusora.

Algunas máquinas están provistas de un descanso de presión axial, que disminuye los efectos de la contrapresión.

Las cargas radiales que se presentan en las máquinas de un sólo tornillo no son excesivas y no plantean problemas graves ni de construcción, ni de mantenimiento, de la máquina.

Por otra parte, otro aspecto importante es la holgura entre la superficie interna del cilindro y la superficie exterior de la rosca del tornillo.

Esta holgura puede ser de 0.003" (0.0762 mm). como apreciamos es muy pequeña y se efectúa con alta precisión con el objeto de evitar hasta donde sea posible el deslizamiento en reversa o flujo de retroceso del material plástico.

El tornillo puede considerarse, para su estudio, dividido en tres zonas fundamentales, distribuidas a lo largo de su longitud.

- a). - Zona de alimentación.
- b). - Zona de compresión.
- c). - Zona de extrusión.

(Ver figura III. 12).

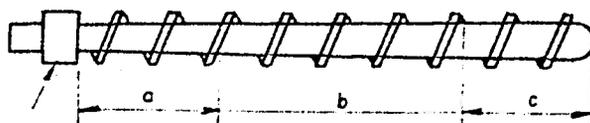


FIG. III. 12. - TORNILLO DE EXTRUSORA

Estas zonas están definidas por el comportamiento que experimenta el polímero a su paso por toda la longitud del tornillo, es decir, cada una de estas zonas tiene una función propia que cumplir y que a continuación pasamos a discutir.

a). - Zona de alimentación.

En esta zona se encuentra instalada la tolva por donde suministramos el material plástico, que va a ser extruído, generalmente en forma de pequeños granulos o como polvo para moldeo.

El material plástico, llega al cilindro, y tornillo, a través de un orificio practicado en la base de la tolva, este cuello u orificio esta refrigerado, luego el material se enrosca en la hélice del tornillo y comienza a avanzar el material plástico por obra de la fricción que experimenta con las paredes metálicas para mejorar la fricción es conveniente mantener al cilindro a una temperatura mayor, con respecto a la temperatura del tornillo, para lo cual el tornillo puede ser refrigerado mediante agua. (Ver figura III. 13).

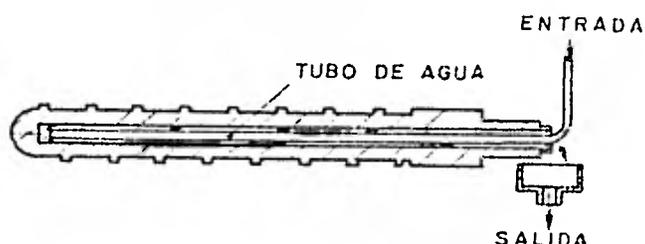


FIG. III.13. - REFRIGERACION DEL TORNILLO

b). - Zona de Compresión.

Esta zona está situada a continuación de la zona de alimentación y generalmente en esta zona el alma del tornillo está diseñada con un diámetro igual a el diámetro exterior de la zona de dosificación.

En esta zona el material plástico experimenta un cambio de volumen debido a la presión del tornillo y también a el cambio del estado viscoso del material por el efecto de la energía calorífica absorbida.

Es decir el material aumenta hasta cuatro veces de volumen.

Una manera de determinar cuantitativamente el cambio de volumen experimentado por el material es por la "razón de compresión".

Se define como "razón de compresión", la razón entre el volumen de una vuelta del canal en la zona de alimentación y el volumen del canal en la última vuelta antes de la boquilla.

Esta razón toma valores que van desde $3/2$ hasta $5/1$; para obtener una razón de compresión se puede diseñar el tornillo de dos formas diferentes.

La primera consiste en disminuir la profundidad del canal a lo largo del tornillo y la segunda consiste en disminuir gradualmente el paso del filete manteniendo constante la profundidad del canal.

Para aliviar la compresión, se puede maquinar una ranura axial de $3/16''$. de ancho a lo largo de 2 ó 3 filetes del tornillo.

Algunos tornillos presentan más de tres zonas, presentan cuatro o seis zonas, por ejemplo presentan zona de cizallamiento adicional a las tres zonas fundamentales.

c). - Zona de Extrusión'

En esta zona el material plástico se encuentra completamente viscoso y por lo mismo es la etapa que más se ha estudiado para fines de extrusión en esta zona el tornillo tiene generalmente una profundidad de canal relativamente pequeña.

Algunos tornillos tienen al final de esta zona una cabeza en forma de torpedo que sustituye a el fileteado, con el objeto de lograr una película periférica alrededor del torpedo, relativamente delgada, la cual tiene ventajas de absorción de calor rápida y flujo acelerado por ejemplo. (Ver figura III. 14).

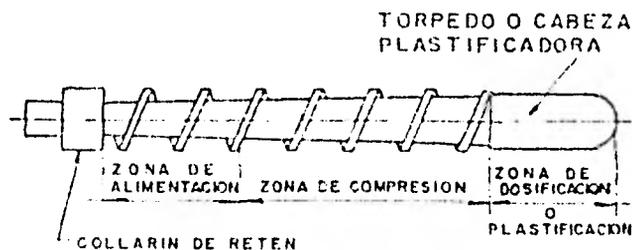


FIG. III. 14. - TORNILLO CON CABEZA PLASTIFICADORA.

Finalmente, comentaremos que existen una serie de diseños de tornillos, que obedecen a características de procesos de extrusión es decir - que los materiales termoplásticos que se usan para extrusión difieren entre sí, en propiedades térmicas como mecánicas, difieren en dureza, calor específico, coeficiente de fricción, temperatura de fusión, viscosidad etc. Estas observaciones son comentadas en el capítulo II.

Por ejemplo, la máquina extrusora, suiza Maillefer, viene provista con un tornillo de doble rosca y pasos diferentes de ambas. Lo importante es elegir el tornillo que se adapte lo mejor posible al material plástico que se trate.

ANALISIS MATEMATICO ELEMENTAL.

Aprovechando la teoría del tornillo, es conveniente introducir aquí un análisis matemático elemental, que partiendo de una partícula de plástico en equilibrio, nos va a proporcionar, primero la ecuación de la velocidad del flujo plástico, luego el gasto de masa plástica y finalmente la potencia necesaria para lograr teóricamente la extrusión.

Una vez que el material plástico, queda atrapado entre el cilindro y el tornillo, se observa que:

- Existe un gradiente de velocidad entre la superficie interna del cilindro y la superficie externa del tornillo.
- Se distinguen tres capas o películas.
 - a). - Capa con material sólido, la cual está cerca del fondo de

los filetes del tornillo.

- b). - Capa interfase con material semifundido o sólido-fundido.
 - c). - Capa con material completamente fundido, la cual está cerca de la superficie interna del cilindro.
- Se produce simultáneamente en estas tres capas un pozo del fundido, con movimiento en espiral, producido por el flujo de fricción o de avance. (Ver figura III. 15).

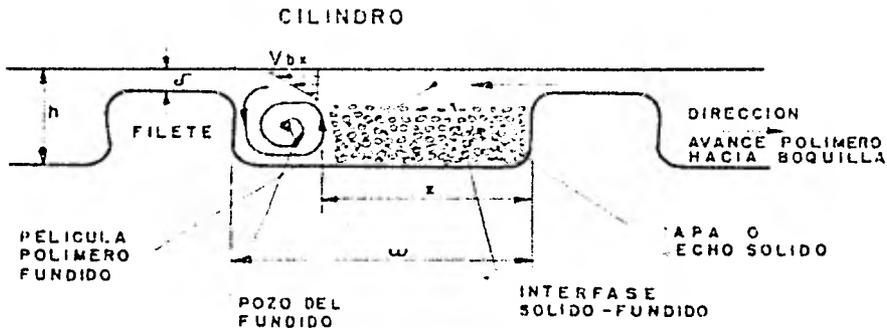


FIG. III. 15. - ZONAS DE FUSION.

- Se observan, durante la extrusión y en el tornillo tres tipos de flujo, el flujo de fricción, el flujo de retroceso y el flujo de pérdidas. (Ver figura III. 16).

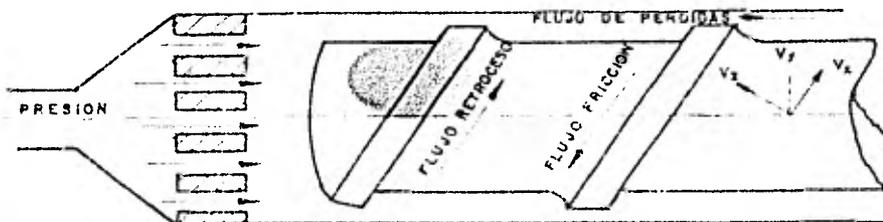


FIG. III. 16. - TIPOS DE FLUJO.

ANALIZANDO UNA PARTICULA DE PLASTICO EN EQUILIBRIO

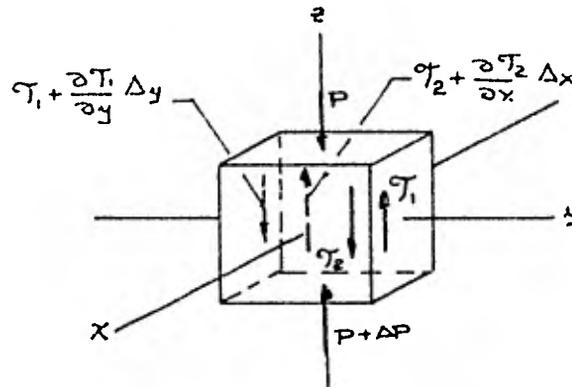


FIG. III. 17. - PARTICULA DE PLASTICO

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$\cdot \Sigma F_x = 0$$

$$+ \uparrow \Sigma F_z = \Delta P (\Delta y \Delta x) - \frac{\partial \tau_1}{\partial y} (\Delta y \Delta x \Delta z) - \frac{\partial \tau_2}{\partial x} (\Delta x \Delta y \Delta z)$$

$$0 = \Delta P - \frac{\partial \tau_1}{\partial y} \Delta z - \frac{\partial \tau_2}{\partial x} \Delta z$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta z} = \frac{\partial \tau_1}{\partial y} + \frac{\partial \tau_2}{\partial x}$$

$$\lim \frac{\Delta P}{\Delta z} \text{ cuando } \Delta z \rightarrow 0$$

$$\frac{dP}{dz} = \frac{\partial \tau_1}{\partial y} + \frac{\partial \tau_2}{\partial x}$$

$$\text{Recordando } \tau_1 = \eta \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad \tau_2 = \eta \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

$$\frac{dP}{dz} = \eta \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \eta \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

$$* \quad \frac{1}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) = \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

η = Viscosidad

v = velocidad

* Ecuación del Navier - stokes (dp/dz) = gradiente presión

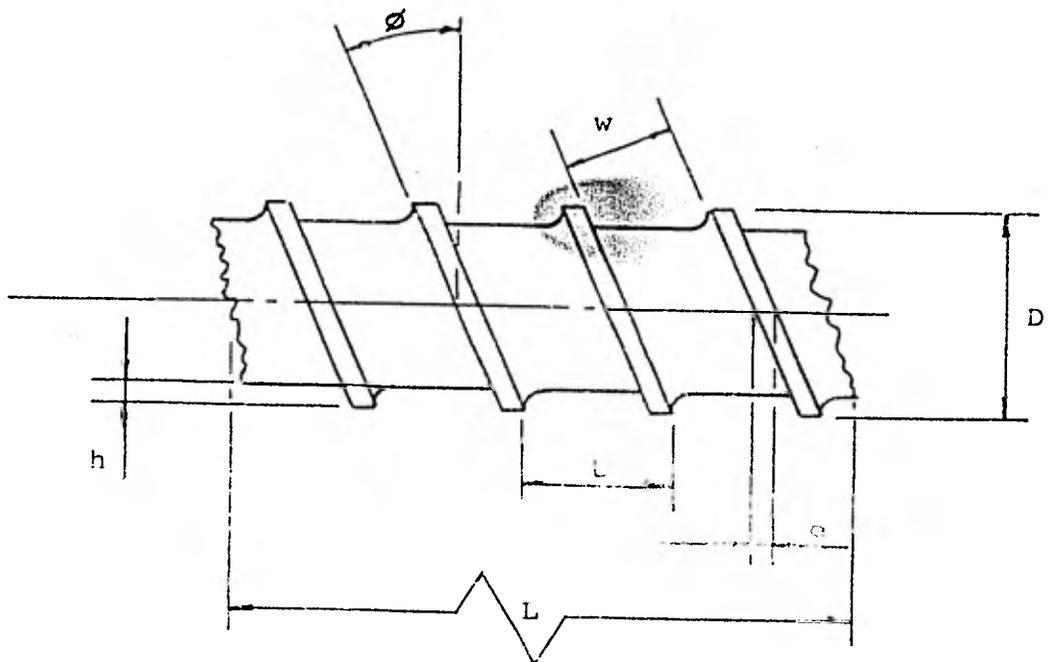


FIG. III. 17. - TORNILLO SIN-FIN.

D = Diámetro del Tornillo

ϕ = Angulo de la Hélice

t = Paso de la Hélice

W = Ancho del canal

e = Ancho de la Hélice

L = Desarrollo del canal del tornillo

- Tomando una porción de Hélice.

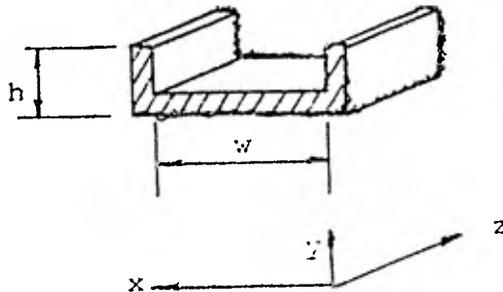


FIG. III. 19. - PORCIÓN SIMPLIFICADA DE HELICE.

ECUACION DE LA VELOCIDAD

Partiendo de la Ecuación de Flujo

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{1}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) \quad (1)$$

Donde:

dP/dz = Gradiente de presión a lo largo
del canal (+ z es flujo de fricción;
- z es flujo de retroceso)

v = velocidad del fluido en el canal

η = viscosidad del fluido

- Para simplificar, despreciamos la fricción en la pared -
del fondo del canal de la hélice.

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = 0$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{1}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) \quad (2)$$

Esta ecuación, integrada dos veces, nos proporciona la velocidad teórica del fluido plástico, con una variación en exactitud del 10%. con la condición:

$$\frac{h}{b} \gg 10$$

Lo cual es común, en extrusoras comerciales.

Integrando la Ec. (2) por vez primera.

$$\int d^2v = \frac{1}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) \int dy^2 + C$$

$$\frac{dv}{dy} = \frac{y}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) + C_1$$

Integrando la Ec. (2) por segunda vez

$$\int dv = \frac{1}{\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) \int y dy + C_1 \int y + C_2$$

$$v = \frac{y^2}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) + C_1 y + C_2 \quad (3)$$

Tomando condiciones en los límites.

$$\text{cuando } \begin{cases} y = 0 \\ v = 0 \end{cases} \quad \text{cuando } \begin{cases} y = h \\ v = N \pi D = V \end{cases}$$

Sustituyendo en (3). Obtenemos

$$C_2 = 0$$

$$C_1 = \frac{V}{h} - \frac{h}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right)$$

Finalmente la Ec. (3) queda:

$$* \quad v = \underbrace{\frac{Vy}{h}}_{\text{flujo fricción}} + \underbrace{\frac{y(y-h)}{2\eta}}_{\text{flujo retroceso}} \left(\frac{dp}{dz} \right) \quad (4)$$

* La ecuación (4) representa la velocidad resultante en cualquier punto del canal cumpliéndose que si:

$$y = 0 \quad \rightarrow \quad v = 0$$

$$y = h \quad \rightarrow \quad v = \pi DN = V$$

ECUACION DEL GASTO

Para obtener el gasto o caudal podemos integrar - el producto de la velocidad por el ancho del canal (w) entre los límites: $y = 0$; $y = h$

Sea $Q =$ Gasto de polimero fundido

$$Q = \int_0^h w v dy$$

También v es:

$$v = \frac{V y}{h} + \frac{y^2}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) - \frac{h y}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right)$$

Entonces

$$Q = \int_0^h \frac{w V}{h} y dy + \int_0^h \frac{w}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) y^2 dy - \int_0^h \frac{w h}{2\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right) y dy$$

Integrando, sustituyendo límites y reagrupando

$$Q = \underbrace{\frac{w V h}{2}}_{\text{flujo fricción}} - \underbrace{\frac{w h^3}{12\eta} \left(\frac{dP}{dz} \right)}_{\text{flujo retroceso}} \quad (5)$$

La Ecuación (5), proporciona el gasto de masa -- plástica en función del ancho del canal, la velocidad, la -- profundidad de la hélice, viscosidad y el gradiente de presión.

Existe otra ecuación, equivalente a la ecuación -- (5), sólo que está expresada en función de los parámetros -- del tornillo, como el ángulo de hélice (ϕ); el diámetro -- del sin-fin (D); la longitud del sin-fin (L); etc.

Con objeto de sintetizar, ésta teoría matemática -- elemental, solo, presentaremos esta ecuación si al lector -- interesa la deducción, de esta ecuación, puede consultar -- los libros citados en la bibliografía.

$$Q_T = \underbrace{\frac{\pi^2 D^2 N (\text{sen } \phi \text{ cos } \phi) h}{2}}_{Q_L} - \underbrace{\frac{h^3 \pi D \text{ Sen}^2 \phi}{12 \eta} \left(\frac{\Delta P}{L} \right)}_{Q_R} \quad (5')$$

Donde $\pi = 3.1416$

D = Diámetro Tornillo sin-fin

ϕ = Angulo hélice

h = Profd, hélice

η = viscosidad

L = Longitud Tornillo sin - fin

ΔP = Caída presión

Q_L = Gasto de Fricción

Q_R = Gasto de Retroceso

Q_T = Gasto total

ECUACION DE LA POTENCIA

- En esta teoría se considera a la masa plástica como un fluido newtoniano y en régimen isotérmico.
- Consideramos que la potencia total (P_T) está formada por dos sumandos.

$$P_T = P_1 + P_2$$

donde:

P_T = Potencial total

P_1 = Potencia de impulsión

P_2 = Potencia de Fricción

(P_1) Representa la potencia empleada para hacer avanzar al polímero fundido a lo largo del canal del tornillo sin-fín.

(P_2) Representa la potencia consumida para vencer la fricción en la zona comprendida entre el borde de la hélice y la pared interna del cilindro.

$$\text{Sea: } dP_1 = U dF_1 \quad (6)$$

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} \quad (7)$$

dP_1 = Potencia consumida a lo largo del canal dl

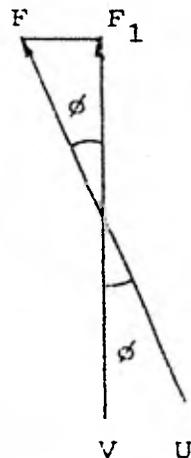
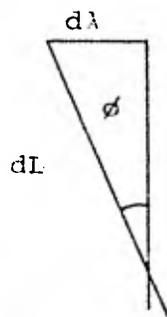
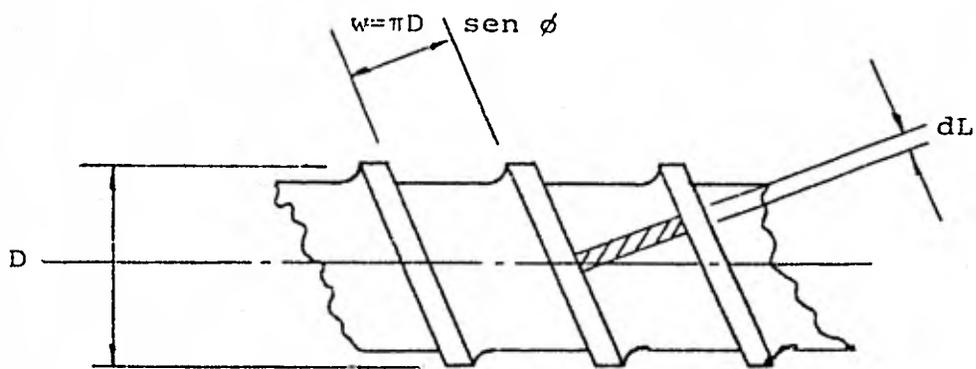
τ = Esf. cortante

$\frac{dv}{dy}$ = Gradiente de Velocidad.

U = Velocidad líneal perifé
rica del sin-fin = $\pi D N$

η = Viscosidad

dF_1 = Fuerza necesaria para -
mantener el movimiento-
del sin-fin



$$\cos \phi = \frac{F_1}{F}$$

FIG. III. 20. - DIAGRAMA VECTORIAL.

De la figura:

$$dF = \frac{dF_1}{\cos \phi}$$

$$dF = \frac{\tau_{dA_1}}{\cos \phi}$$

$$dF = \frac{\eta \left(\frac{dv}{dy} \right) dA_1}{\cos \phi} \quad \text{-----} \quad (8)$$

$$dP_1 = \frac{U \eta}{\cos \phi} \left(\frac{dv}{dy} \right) dA_1 \quad \text{-----} \quad (9)$$

La Ec. (5) la expresaremos en función de los parámetros del tornillo sin-fin. Hallaremos un valor para (dv/dy) y (dA_1)

Recordando:

$$v = \frac{Vy}{h} + \frac{(y^2 - hy)}{2\eta} \left(\frac{dP}{dL} \right) \quad \text{-----} \quad (4)$$

Derivando:

$$\frac{dv}{dy} = \frac{V}{h} + \frac{2y - h}{2\eta} \left(\frac{dP}{dL} \right)$$

como $h =$ profundidad de la hélice, cuando $y = h$:

$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=h} = \frac{v}{h} + \frac{h}{2\eta} \left(\frac{dP}{dL}\right) \quad (10)$$

Por otra parte:

$$dA = WdL = \pi D \operatorname{sen} \phi \, dL \quad (11)$$

Sustituyendo (10) y (11) en (9):

$$dP_1 = \underbrace{\frac{UV\eta\pi D \operatorname{sen} \phi}{h \cos \phi} dL}_{\text{Potencia consumida}} + \underbrace{\frac{Uh\pi D \operatorname{sen} \phi}{2 \cos \phi} dP}_{\text{Potencia para mantener la presión}} \quad (12)$$

Potencia consumida por los Esf. de corte en el canal del sin-fin.

Potencia para mantener la presión en el canal.

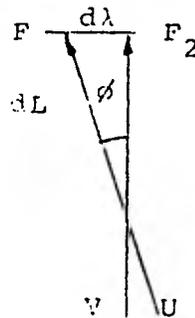
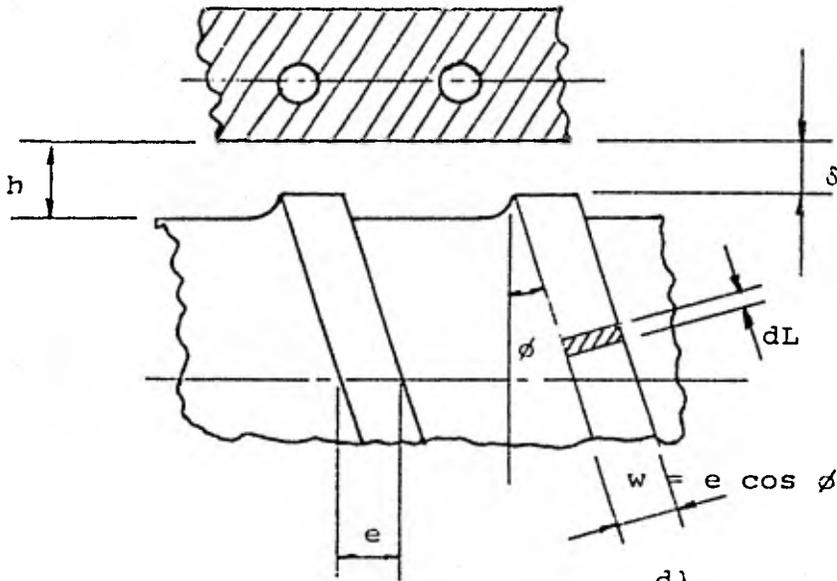
De los Diagramas Vectoriales y Geométricos.

$$U = \frac{v}{\cos \phi} \quad dL = \frac{d\lambda}{\operatorname{sen} \phi} \quad V = \pi D N \cos \phi$$

Sustituyendo en la Ec. (12) estos valores, finalmente la Ec. (12) queda:

$$dP_1 = \frac{\pi^3 D^3 N^2 \eta}{h} d\lambda + \frac{\pi^2 D^2 N h \operatorname{sen} \phi \cos \phi}{2 \cos^2 \phi} dP \quad (13)$$

Cálculo del Término (dP_2):



$$\cos \phi = \frac{Fe}{F}$$

$$\text{sen } \phi = \frac{d\lambda}{dL}$$

$$\cos \phi = \frac{v}{U}$$

FIG. III. 21.- DIAGRAMA VECTORIAL.

Ahora $h \approx \delta$ y despreciando $(dP/dL) \cdot 0$ la Ec. (4) queda

$$\left(\frac{dv}{dy} \right)_{y=\delta} = \frac{v}{\delta}$$

$$dP_2 = U dF = U \frac{dF_2}{\cos \phi} = \frac{U\eta}{\cos \phi} \left(\frac{dv}{dy} \right) d\lambda_2 \quad (14)$$

$$dP_2 = \frac{V}{\cos \phi} \eta \frac{V}{\delta} dA_2 \quad (15)$$

$$dA_2 = e \cos \phi \frac{d\lambda}{\sin \phi}$$

Sustituyendo en (15):

$$dP_2 = \frac{V}{\cos \phi} \eta \frac{V}{\delta} e \cos \phi \frac{d\lambda}{\sin \phi} \quad (16)$$

Despreciando $\cos^2 \phi$: $V = \pi N D$

$$dP_2 = \frac{\pi^2 D^2 N^2 \eta e}{\delta \operatorname{tg} \phi} d\lambda \quad (17)$$

Recordando finalmente que es:

$$dP_T = dP_1 + dP_2$$

$$dP_T = \frac{\pi^3 D^3 N^2 \eta}{h} d\lambda + \frac{\pi^2 D^2 N h (\sin \phi \cos \phi)}{2 \cos^2 \phi} dP + \frac{\pi^2 D^2 N^2 \eta e}{\delta \operatorname{tg} \phi} d\lambda \quad (18)$$

Integrando

$$P_T = \frac{\pi^3 D^3 N^2 \eta}{h} L + \frac{\pi^2 D^2 N h (\sin \phi \cos \phi)}{2 \cos^2 \phi} \Delta P +$$

$$+ \frac{\pi^2 D^2 N^2 \eta e}{\delta \tan \phi} L \quad \text{-----} \quad (19)$$

L = Longitud del Desarrollo del Sin-fin

ΔP = Diferencia de presión entre los extremos del tornillo.

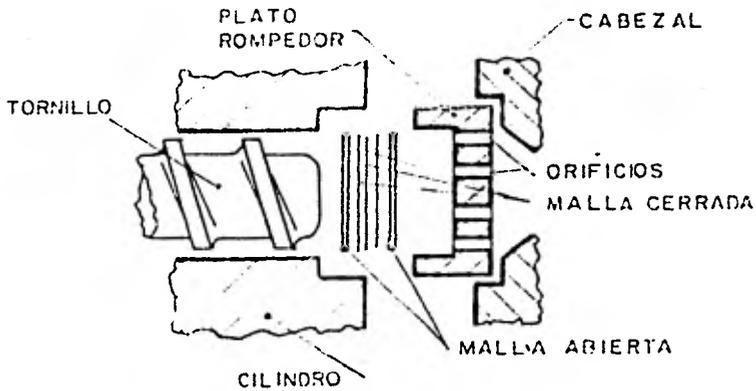
CABEZAL DE EXTRUSORA.

Esta pieza se encuentra situada entre el cilindro y la boquilla de la extrusora es decir por cabezal podemos considerar y abarcar a los siguientes elementos el plato rompedor o placa perforada; las mallas; el propio cabezal y la boquilla inclusive.

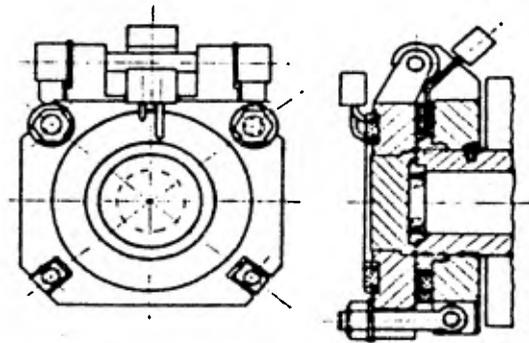
El cabezal de una pieza diseñada para desmontarse y así poder efectuar cambios de mallas o mantenimiento en la placa perforada por ejemplo.

Para lograr un fácil montaje y desmontaje del cabezal se ha diseñado éste para unirse al cilindro directamente, bien por medio de tornillos y tuercas, o con bridas que coinciden; con charnelas y pasadores y también con cuñas.

Algunos fabricantes prefieren acoplar a el cabezal con el cilindro mediante el uso de roscas o cuerdas. (Ver figura III. 22).



(a)



(b)

FIG. III. 22. - a). - VISTA GENERAL DE LOS COMPONENTES DE UN CABEZAL, FALTA EL DADO.

b). - CABEZAL DE EXTRUSORA FIJADO Y ACOPLADO MEDIANTE CHARNELA Y TORNILLOS.

PLACA O PLATOPERFORADO.

El "plato rompedor" está situado entre la base del cilindro y la base del cabezal, de tal manera que cuando unimos o apretamos mediante tornillos a el cabezal con el cilindro, el plato rompedor actúa como sello mecánico y metálico impidiendo fugas de material plástico.

Por otra parte el plato rompedor sirve como base de apoyo a las ma

llas o filtros.

El plato rompedor tiene practicados en su cara una serie de barrenos equidistantes entre sí, a través de los cuales pasa el material, con el objeto de transformar el movimiento helicoidal que le imprime el tornillo al flujo plástico en un movimiento lineal, es decir, cuando el fluido topa y cruza a las mallas y plato rompedor las líneas de flujo del fundido se deslizan paralelas entre sí y casi siempre paralelas a eje del tornillo.

MALLAS O TELAS METALICAS.

Las mallas con un tejido de tela de alambre entramado o urdimbre puede variar desde el tipo de alambre, arreglo de tejido y tamaño de retícula.

Existen catálogos sobre mallas, en donde se especifica los tamaños por medio de el número de hilos o aberturas por pulgada (mesh). Por ejemplo del No. 20 al No. 200.

Las mallas presentan el problema de taparse aparte de actuar como elementos que generan presión. Las mallas también fungen como filtros de partículas extrañas o de granos de material que aún no funden.

SISTEMA DE CALENTAMIENTO.

Puesto que, en un proceso de extrusión de plásticos, es necesario transferir plástico, hasta llevarlo a su temperatura óptima de extrusión, se hace indispensable la construcción de un sistema de calentamiento.

Existen varios métodos para efectuar la transferencia de calor en -

una máquina extrusora, los más usuales son por medio de resistencias eléctricas. También existen métodos de calefacción por medio de fluidos, tales como el vapor de agua, aceites minerales, líquidos orgánicos, etc.

Como podemos comprender las resistencias eléctricas, son simplemente una banda metálica rolada en forma de tambor que se acopla a el cilindro de la extrusora, estas resistencias tienen dos polos, por donde llega la corriente eléctrica que se disipa en forma de calor, esto a su vez se transmite por conducción hasta la masa interna de material plástico.

La calefacción por resistencias eléctricas, tiene decididas ventajas sobre la calefacción con un fluido o vapor, de estas ventajas podemos mencionar, es más limpio, proporciona un rango variable de temperatura, facilidad de mantenimiento, buena eficacia y es económico.

Un sistema de calefacción eléctrico, que es muy común encontrar es el sistema compuesto por: un pirómetro de temperatura ajustable, un apagador piloto, un amperímetro, un termopar, un relevador de varios contactos y una resistencia eléctrica. (Ver figura III. 23).

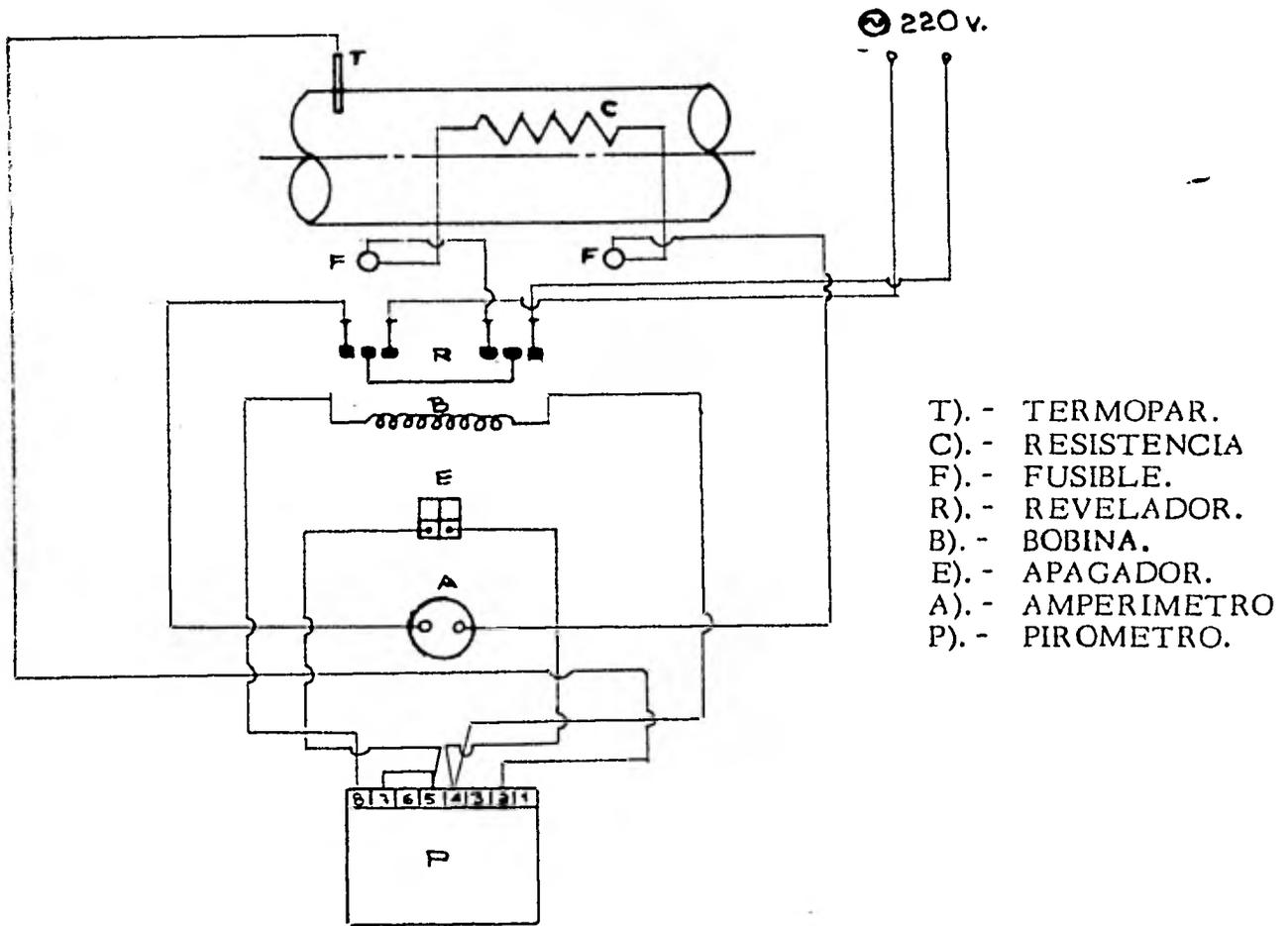


FIG. III. 23. - CIRCUITO ELECTRICO DE CALENTAMIENTO.

Otro método de calefacción eléctrica, es el método de inducción eléctrica, en este método tenemos una serie de bobinas eléctricas, o selenoides, en cuyo interior se encuentra el cuerpo del cilindro de la extrusora, de tal forma que cuando circula la corriente eléctrica inducida en el cuerpo del cilindro, que finalmente estas corrientes inducidas se transforman en calor y elevan la temperatura, de dichas paredes. El factor de potencia de una bobina de inducción esta dentro 0.65 y 0.75; mientras que

una resistencia eléctrica tiene un F. P. = 1. (Ver figura III. 24).

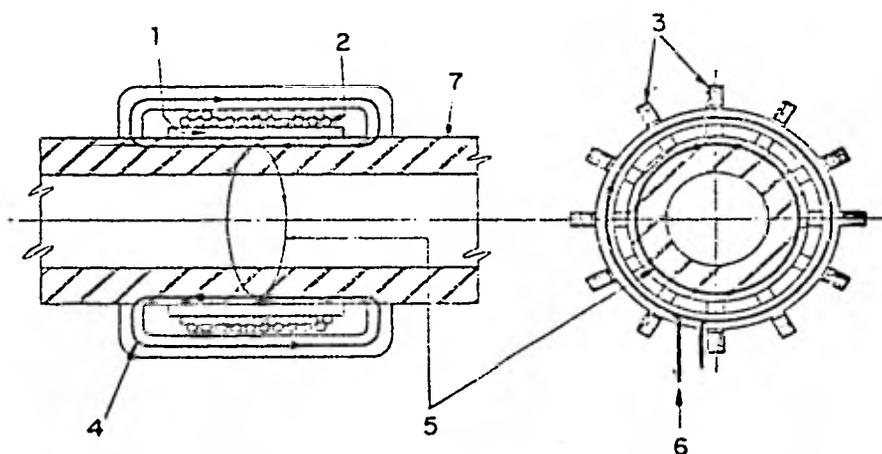


FIG. III. 24. - SISTEMA DE CALENTAMIENTO POR INDUCCION

- 1). - SISTEMA DE REFRIGERACION 2). - BOBINAS PRIMARIAS. 3). - LAMINAS DE NUCLEOS MAGNETICOS.
 4). - LINEAS DE FLUJO MAGNETICO. 5). - CORRIENTE SECUNDARIA. 6). - CORRIENTE PRIMARIA.
 7). - CILINDRO.

La calefacción por inducción no ha llegado a ser utilizada en gran proporción por las máquinas extrusoras, sin embargo cuando se trabaja con polímeros sensibles al calor y/o temperaturas elevadas si se usa el sistema de inducción, el cual tiene ventajas como: las bobinas de inducción calientan el cilindro instantáneamente; produce un gradiente de temperatura bajo entre el cilindro y la masa plástica; tiene buena potencia de calefacción puesto que alcanza elevadas temperaturas en corto tiempo.

En el caso de utilizar sistemas de calentamiento por flujos, es común encontrar todo un circuito hidráulico, es decir el fluido una vez calenta

tado es impulsado por una bomba a través de los conductos de una tubería - (este fluido ha sido calentado previamente por algún medio), de tal forma - que es forzado a pasar por una serie de camisas huecas practicadas en el - propio cilindro; como el fluido está caliente transmite su calor a el material, plástico, por conducción. No debemos olvidar que para llevar a cabo lo ante - rior debemos tener en el circuito hidráulico filtros para retener partículas extra - ñas, un depósito con varios compartimientos para almacenar a el líquido - frío o caliente; también debemos de contar con válvulas de alivio o seguri - dad así como válvulas reguladoras de presión y por supuesto una bomba hi - dráulica con su motor.

Estas válvulas reguladoras de presión son muy importantes puesto - que por medio de la presión, evitamos que un cierto líquido alcance su "pre - sión de vapor", provocando que el fluido se evapore y baje la temperatura - deseada para la máquina extrusora.

Como líquidos de calefacción se emplea agua, para temperaturas de hasta 240° C y para temperaturas de hasta 450° C suele emplearse mezclas de óxido de difenilo, con naftaleno y líquidos de difenilo. Estos líquidos son conocidos comercialmente como Dowtherm-A.

La calefacción con aceite mineral, se emplea poco y también es ne - cesario contar con un circuito hidráulico que consiste de un cambiador de - calor, bomba, depósito, filtro, válvulas y tuberías.

Una desventaja de usar aceites es el hecho de que estos fluidos por - debajo de los 200° C. se comportan viscosos y con poca conductividad térmi -

ca. Por otra parte si estos aceites rebasan la temperatura de 200° C pueden evaporarse descomponiéndose en humos tóxicos, por lo que deben usarse - circuitos hidráulicos cerrados, con un mantenimiento cuidadoso, lo cual repercute económicamente en un aumento del costo de todo el equipo.

Finalmente, deseamos comentar algunos aspectos acerca de las causas que intervienen en la temperatura de un fundido plástico.

Por una parte todos los diferentes polímeros presentan sus propie - dades como: capacidad calorífica, conductividad térmica, densidad, punto - de fusión, etc. En general los polímeros son malos conductores de calor y su temperatura final va a depender de dos fuentes de calor:

a). - Calor aportado por los elementos externos. Este calor permi - te darle flexibilidad térmica al sistema. (Inducción, resistencias, flujos, - etc.).

b). - Calor generado por fricción, de el polímero mismo y contra la geometría del tornillo.

En esta última fuente, influye mucho a las propiedades térmicas del polímero.

Teóricamente se requieren de $100 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$ a $200 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$ para fundir - un kilogramo de material plástico.

Otro dato técnico en cuanto a la potencia calorífica de suministro ex - terno por resistencia eléctrica, está en los watts/cm^2 , para los que fue di - señada la resistencia.

SISTEMA DE REFRIGERACION.

Durante el proceso de extrusión, se manifiestan dos fuentes que generan calor. La primera es la fuente térmica de calefacción y la segunda fuente es el calor generado por la fricción entre masa plástica y tornillo.

La refrigeración de una extrusora se hace con el objeto de controlar la energía calorífica de tal manera que obtengamos una temperatura deseada.

La refrigeración de una extrusora se hace con el objeto de controlar la energía calorífica, de tal forma que obtengamos una temperatura deseada.

Las máquinas extrusoras modernas, tienen un sistema de refrigeración del cilindro, bastante completo, es un circuito hidráulico cerrado, donde circula agua tratada, químicamente que precipita el contenido de cal y se combinan con los productos corrosivos del agua.

El agua se hace circular por medio de una o dos bombas y llega a diferentes zonas del cilindro a través de un sistema de distribución de serpentines de enfriamiento.

El agua de retorno se enfría en un intercambiador de calor, este intercambiador es enfriado por otra fuente de agua de la red. Por otra parte existe un intercambiador de calor para vapor. Para ampliar un poco más estos conceptos, presentamos a continuación un sistema hidráulico de refrigeración, también, debemos de recordar que se es necesario, en algunos casos refrigerar al tornillo.

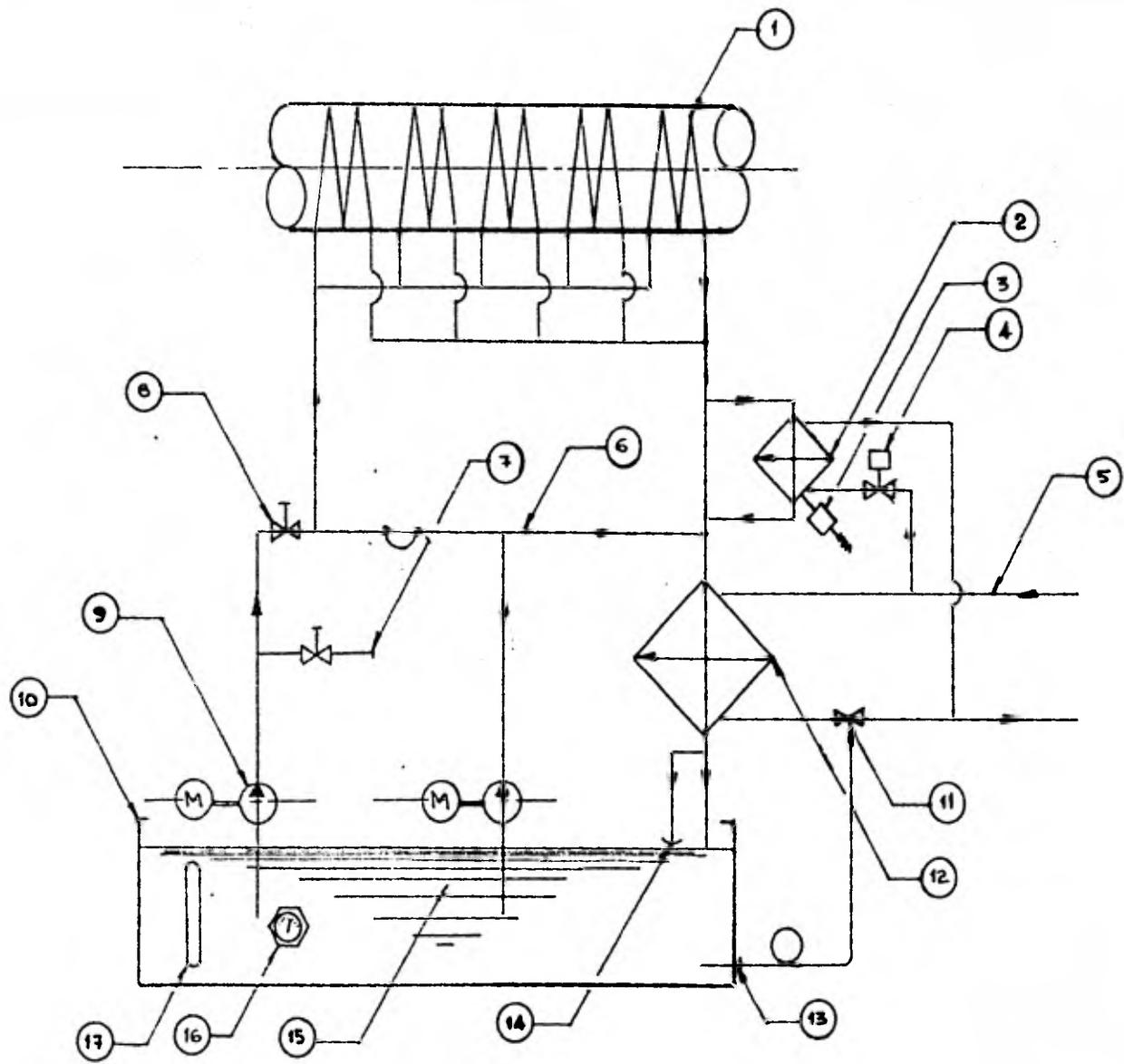


FIG. III. 25. - SISTEMA - HIDRAULICO PARA REFRIGERACION.

Otro método para refrigerador al cilindro consiste en forzar a pasar aire frío, a lo largo del área del cilindro. (Ver figura III. 25).

- 1). - TUBOS SERPENTINES.
- 2). - CONDENSADOR.
- 3). - PRESOSTATO.
- 4). - VALVULA SOLENOIDE.
- 5). - AGUA DE LA RED.
- 6). - BY-PASS.
- 7). - SALIDA AGUA.
- 8). - VALVULA (TRABAJO 2 BOMBAS).
- 9). - BOMBA DE CIRCULACION.
- 10). - DEPOSITO.
- 11). - VALVULA TERMOSTATICA.
- 12). - INTERCAMBIADOR DE CALOR.
- 13). - TERMOELEMENTO.
- 14). - DESGASIFICADOR.
- 15). - FLUIDO REFRIGERANTE.
- 16). - TERMOMETRO.
- 17). - MIRILLA.

SISTEMA DE CONTROL.

El problema del control, radica en evitar que una variable física como la temperatura o la presión se comporten inestablemente, es decir, el control estabiliza estas variables dentro de ciertos límites o valores prefijados.

Los controles fundamentales con los que una máquina extrusora debe de contar son:

- 1). - Los reguladores de temperatura electrónicos (pirómetros) para el control de las zonas de temperaturas en cilindro y en el cabezal, con su sensor de temperatura (termopar).
- 2). - Un amperímetro para cada circuito.
- 3). - Control e indicador de velocidad del tornillo (tacómetro).
- 4). - Un medidor de presión (de tubo bourdon).

Estos controles suelen ser colocados por separado en armarios o tableros de control eléctrico refrigerados por aire.

Lógicamente, estos armarios contienen todo un complejo eléctrico, que puede abarcar a más controles de los cinco señalados.

A continuación trataremos brevemente estos controles.

1. - CONTROL DE TEMPERATURA.

El control de temperatura es de mucha importancia puesto que de es

te control depende en gran parte la calidad de extrufo, existen en el mercado muchos controles pero, sólo discutiremos algunos.

Para lograr un control de temperatura por zona, la Ingenierfa dispone de tres métodos fundamentales, como son:

- a). - Control manual.
- b). - Control automático "on - of".
- c). - Control automático proporcional.

a). - Control Manual:

Este control es el más económico y sencillo puesto que, sólo es necesario regular manualmente el control.

Un ejemplo de este control lo constituye, el control de temperatura de una resistencia eléctrica de calentamiento, llamado termostato, este control nos proporciona una temperatura constante, cuyo rango oscila entre (50° C a 150° C). Este control adolece de realimentación por termo-par, aunque si tiene una realimentación de expansión térmica puesto que, su base está en contacto directo con la resistencia eléctrica mediante la cual desconecta la energía.

Otros controles manuales que se utilizan son los reguladores de corriente eléctrica o reostatos y los reguladores de voltaje en este caso las resistencias eléctricas una vez conectadas a la energía, llegan a un equilibrio térmico, dependiendo del ajuste en el reostato, y por consiguiente la temperatura en las zonas de cilindro se mantienen constantes. Este control

es útil cuando se requiere calor en régimen estacionario.

b). - Control "on - of".

Este control está basado en emplear un instrumento de control de dos posiciones, es decir conecta o desconecta totalmente el suministro de calor.

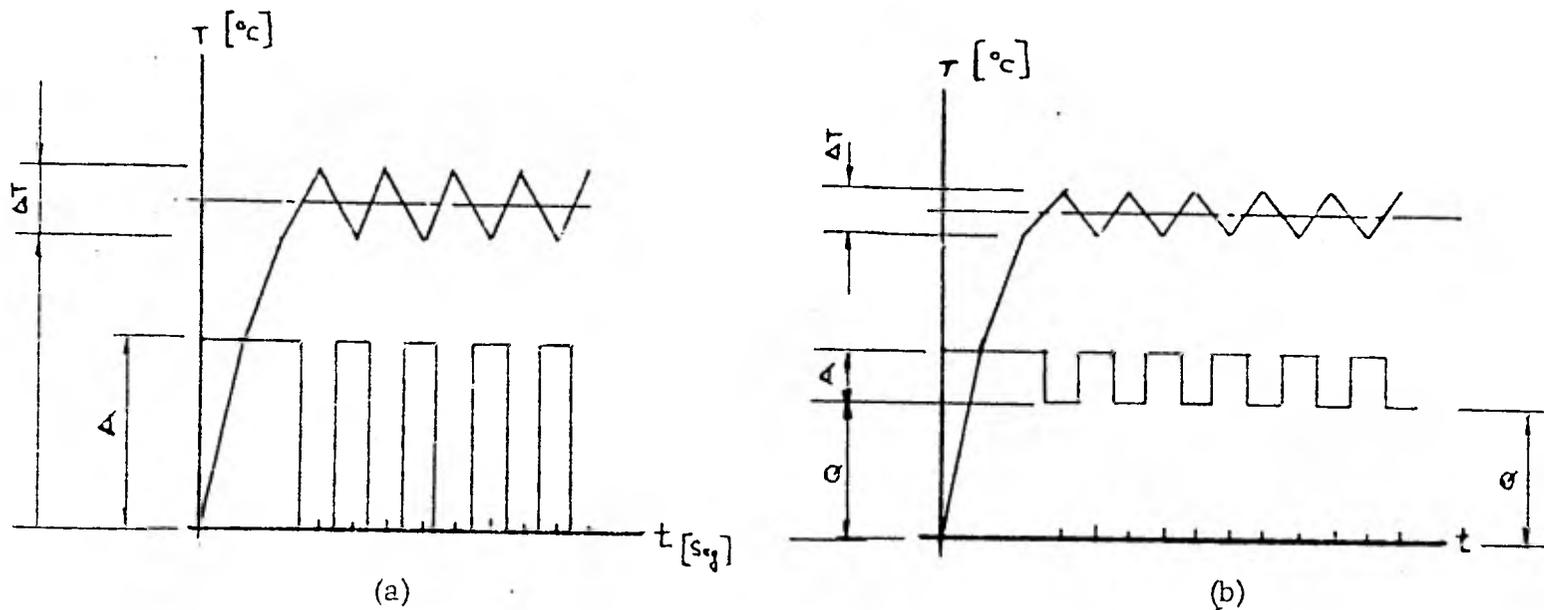
El sistema "on-of" funciona de la forma siguientes: cuando la temperatura de la extrusora alcanza un valor prefijado, el control interrumpe totalmente el suministro de calor. Y cuando la temperatura desciende por debajo de un valor señalado, el control conecta toda la capacidad de suministro térmico.

En este control se hacen inevitables la presencia de oscilaciones térmicas, alrededor de un valor medio, debido a la inercia térmica del cilindro y resistencias. (Ver figura III. 26).

Como podemos observar en esta figura, existe una pérdida de energía en A. Una forma de disminuir esta pérdida es mediante el sistema de control High-Low. El cual tiene conectada una carga básica de potencia. Q

c). - Control Automático Proporcional.

Este control de temperatura es el más exacto y costoso, su forma de operar consiste en: "comparar, la señal, de temperatura prefijada y deseada (en el pirómetro) con respecto a otra señal de temperatura real de la máquina extrusora. (En el termopar); luego efectúa la diferencia entre la señal prefijada y la señal real de temperatura; por último dependiendo del -



124

ΔT = OCILACION TERMICA.
 A = SUMINISTRO ENERGIA.
 Q = CARGA BASICA.

FIG. III. 26. - GRAFICAS DEL CONTROL "ON-OFF"

a). - SISTEMA "ON-OFF"
 b). - SISTEMA "HIGH-LOW"

valor de esta diferencia, el control emite una orden para suministrar una cantidad de calor que es proporcional a la diferencia de señales".

Por tanto lógicamente, cuando estas dos señales de temperatura son iguales, la diferencia es cero y la aportación de calor es nula también.

La ecuación que describe el proceso es:

$$\Delta T = K (T_{\text{fijada}} - T_{\text{real}})$$

Por último deseamos comentar algunos aspectos de los termopares. El termopar aplicado a una máquina extrusora, va instalado en una funda metálica con el objeto de preservarlo de la masa plástica caliente, es por esto, que no pueden sentir directamente la temperatura en la masa plástica, esto ocasiona que la temperatura detectada por el termopar difiera un poco con respecto a la temperatura real de la masa plástica.

También debemos considerar que existe un gradiente radial de temperatura entre la pared externa del cilindro y la masa plástica.

Una forma de disminuir el error de temperatura, sentido, por el termopar entre los elementos calefactores y la masa plástica, es conectando dos termopares en paralelo. Un termopar se coloca en la superficie externa, mientras que el otro termopar se coloca a 1/3 de profundidad de la pared o espesor del cilindro. (Ver figura III. 27).

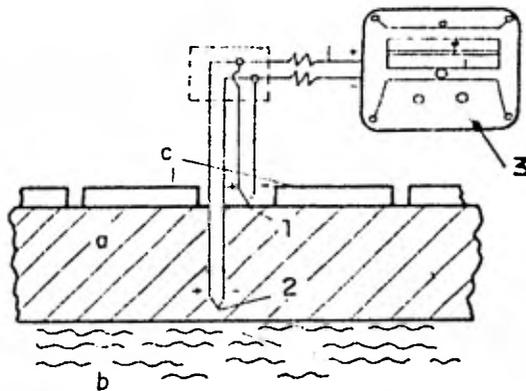


FIG. III. 27. - TERMOPAR EN PARALELO.

- 1). - TERMOPAR SUPERFICIAL.
- 2). - TERMOPAR PROFUNDO.
- 3). - CONTROL. a). - CILINDRO.
- b). - POLIMERO FUNDIDO.
- c). - SISTEMA CALENTAMIENTO.

2). - El amperímetro. Hace la función de registrar, la corriente eléctrica que está entrando a los elementos calefactores y también al motor principal de accionamiento, de esta forma logramos conocer la potencia suministrada.

3). - El control de velocidad del tornillo, es importante puesto, que, las R. P. M. que requieren varían en función del polímero que se trate, para lograr este efecto, se puede usar un motor D. C., mediante la variación del campo de excitación o del voltaje aplicado a la armadura del inducido.

Como indicador de velocidad angular, se pueden usar tacómetros, cuya operación interna es un sistema de voltímetros calibrado, en R. P. M., que funcionan por los impulsos eléctricos que provienen de un generador -

acoplado al eje del tornillo, es decir, al variar la velocidad del tornillo, -
afecta al generador, puesto que este a su vez, inducirá una tensión diferen-
te, la cual, será reflejada en el tacómetro.

La velocidad angular del tornillo determina y produce en parte la -
presión de extrusión, como la extrusión debe permanecer a presión cons -
tante, es necesario que las R. P. M. sean constantes. Sabemos muchas - -
otras formas de influir en las R. P. M. En el propio reductor de velocidad,-
por ejemplo.

4). - La presión es una de las variables que es necesario contro- -
lar y registrar. El instrumento más comunmente empleado para medir la -
presión, es el manómetro de "tubo bourdon", se pueden colocar manóme -
tros a lo largo de todo el cilindro con el objeto de conocer las caídas de -
presión en cualquier zona del cilindro. Con el objeto de evitar que el polf -
mero penetre a el tubo del manómetro, y al enfriarse solidifique bloquean -
do a el tubo, se ha dotado de este manómetro de un tubo auxiliar que va -
lleno de grasa de silicona; de esta manera el plástico, no llega a las par -
tes internas del manómetro. Observar en la siguiente figura que el manó -
metro se coloca bajo del cilindro para ayudar al tubo con grasa de silicón.
(Ver figura III. 28).

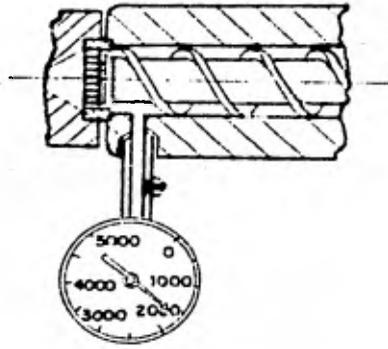


FIG. III. 28. - INSTALACION DE UN MANOMETRO DE EXTRUSORA.

Existen otros tipos de registradores de presión, del tipo transductor pieeléctrico, los cuales están provistos de una diafragma flexible el cual está en contacto con la masa plástica y reciente la presión, para luego transformar esta señal mecánica, en eléctrica, que a su vez se registra en una carátula.

Una de las formas de regular la presión, aparte, de influir con las r.p.m. del tornillo, es mediante "válvulas de presión".

MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA EXTRUSORA.

El mantenimiento de la extrusora, se atiene a los cánones de la práctica mecánica-eléctrica.

Señalaremos algunos aspectos del mantenimiento de la máquina.

Una vez hecha la instalación de la máquina, se debe revisar periódicamente la lubricación correcta de la máquina, en el reductor de velocidad, en baleros y cojinetes, transmisión, etc.

Checar, con un vibrometro, las vibraciones de la máquina, con el

objeto de prevenir, fallas, por aflojamiento, de contactores, tornillos, relais, cables, etc.

Checar, con un termómetro, el correcto funcionamiento del pirómetro, tomando directamente la medida de temperatura sobre el propio cilindro, si se encuentra alguna anomalía en relación a la temperatura fijada en el pirómetro, efectuar el ajuste de la banda de calefacción sobre el cilindro, comprobar las conexiones de termopares, fusibles, relevadores y pirómetros que estén correctamente, si es necesario reemplazar al pirómetro por otro en buen estado.

Cada final de un turno de trabajo, limpiar la extrusora, purgándola con compuestos poliméricos especiales para este fin.

Periódicamente limpiar o lavar, a las boquillas, tornillo y máquina en general.

Checar, periódicamente las condiciones mecánicas de la máquina, por simple inspección visual, para determinar desgastes, deformaciones y averías de todos sus elementos, como el tornillo, engranes, boquillas, placa y mallas, transmisión, etc.

Checar periódicamente, mediante el uso de un amperímetro de gancho, el correcto funcionamiento eléctrico de la máquina.

Es decir, tomando las lecturas de voltaje, corrientes y potencias eléctricas, podemos comprobar si tales valores son lógicos, con respecto a los de placa o proporcionados por el fabricante.

Al arrancar la máquina, es conveniente, calentarla durante treinta -

minutos como mínimo, con el objeto de ablandar el plástico antioxidante, - con el que fué purgada la máquina. Luego aplicar a las boquillas agentes - - desmoldeantes de silicona o estearato de cinc, para evitar que el primer material de salida se adhiera al orificio de el dado.

 Checar el sistema de refrigeración, que funcione correctamente la bomba, el motor, el nivel correcto de agua en el depósito, etc.

 En fin, el conocimiento de la máquina y la experiencia práctica, de terminarán el correcto mantenimiento.

III. 5. - MAQUINA EXTRUSORA DE TORNILLO MULTIPLE.

Para terminar este capítulo deseamos comentar brevemente algunos aspectos de la máquina extrusora de dos o más tornillos.

A pesar de la gran utilización de la extrusora "convencional" de un tornillo, coexisten en el mercado, también extrusoras de dos tornillos e inclusive de tres o más tornillos, aunque su porcentaje sea pequeño.

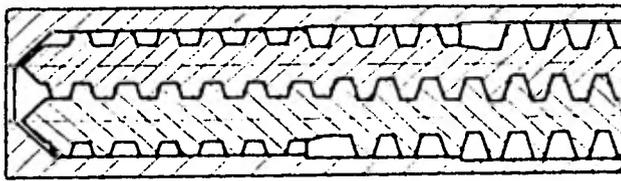
Entre algunas razones que motivarán a la técnica, para desarrollar estas máquinas extrusoras de varios tornillos, están:

- Alta capacidad.
- Producir perfiles plásticos de gran dimensión.
(por ejemplo tubo de PVC de 500 mm. diámetro).
- Mejorar la acción de mezclado, longitudinal y transversal.
- Conseguir mayor área de calefacción y mayor precisión en la - -
temperatura de materiales sensibles al calor.
- Lograr una velocidad más constante, consiguiendo un flujo de masa
sa más uniforme hacia adelante y por consiguiente una presión -
mayor en el dado.
- Reducir los esfuerzos cortantes y las pulsaciones del material, -
logrando perfiles más precisos.
- La necesidad de trabajar polvos plásticos como el PVC rígido.

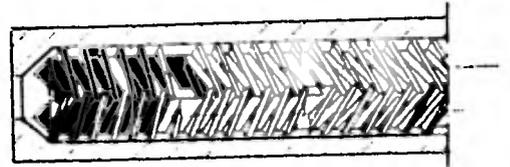
La velocidad angular o de giro de una extrusora de doble tornillo es menor, con relación a la extrusora de un solo tornillo.

El par o sistema de tornillos, obedecen a muchos diseños mecánicos y objetivos técnicos.

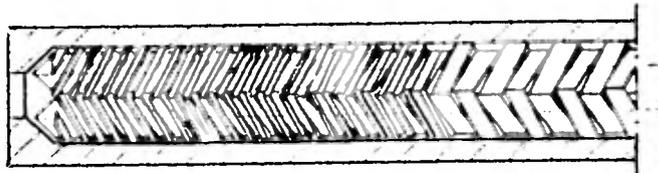
Por último, presentaremos, algunos sistemas de tornillos dobles y múltiples. (Ver figura III. 24).



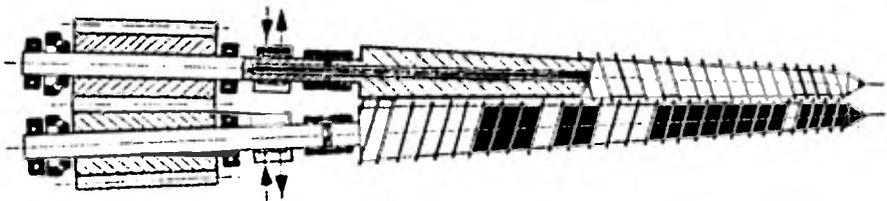
(a)



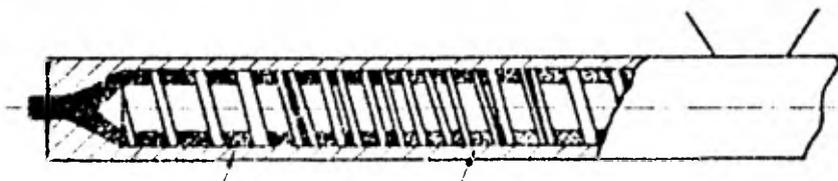
(b)



(c)



(d)



(e)

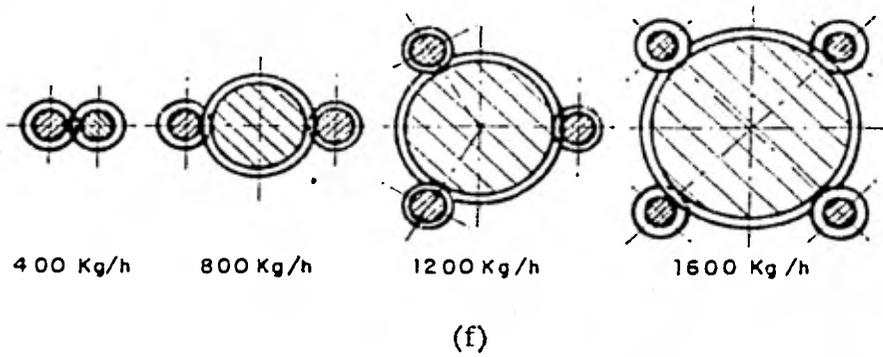


FIG. III. 24. - SISTEMAS DE TORNILLOS.

- a). - DE COLOMBO.
- b). - DE PASQUETTI.
- c). - DE KESTERMANN.
- d). - CONICOS.
- e). - MAILLEFER.
- f). - DISPOSICIONES DE TORNILLOS MULTIPLES.

CAPITULO IV

EQUIPO AUXILIAR EN INSTALACIONES PARA EXTRUSION.

IV. 1. - GENERALIDADES.

En éste capítulo y con objeto de estudio, se ha considerado como equipo auxiliar, todo aquél que interviene directamente en el manejo de los materiales plásticos, fuera de la máquina extrusora. En efecto, el equipo auxiliar interviene en el principio y final del proceso desarrollado para obtener determinado producto.

Al principio del proceso de extrusión se contará con máquinas cargadoras y alimentadoras de material plástico granulado o en polvo. Se tendrá además el equipo capaz de reprocesar los desechos termoplásticos para volver a utilizarlos.

Al final del proceso, cuando el producto está abandonando la extrusora, será necesario tener el equipo adecuado para su retiro y almacenaje. Este equipo final realiza las siguientes funciones principales sobre el producto:

- Calibrar las dimensiones requeridas.
- Enfriamiento.
- Evitar daños durante la manipulación.
- Orientación molecular.
- Medición y corte.
- Enrollado y/o almacenaje.

Además, en el caso de recubrimiento de alambre o de materiales planos (placas, tejidos, papel) será necesario equipo para suministrar el material base del recubrimiento. En el caso del recubrimiento del alambre, se hace necesario un equipo de precalentamiento.

IV. 2. - EQUIPO PARA ALIMENTACION DE MATERIAL TERMOPLASTICO.

Para obtener una extrusión uniforme será necesario considerar el material a transformar, las características de la máquina, el perfil deseado en el producto y el sistema de alimentación de la extrusora. Como la dosificación al dado depende del tornillo, es necesario que éste tenga suficiente material en la zona de alimentación para así mantener llena la zona de dosificación. Es importante también que ésta última se sobrecargue de material. Ya sea la falta de material o exceso del mismo durante la alimentación será causa de pulsaciones durante la extrusión por lo que es importante la correcta selección de la relación de compresión de acuerdo al material a extruir.

La alimentación al tornillo se hace a través de un orificio que está al principio del cilindro y que puede tener forma redonda, rectangular u ovalada. La experiencia determina que para alimentar material en forma de tiras o fibras, el orificio debe ser rectangular y para alimentar material granular será redondo.

Aunque la alimentación puede ser lateral, se usa principalmente en forma vertical, practicando el orificio del cilindro arriba del tornillo, lo que da la ventaja de alimentación por gravedad.

El orificio en el cilindro se efectuará en forma precisa y cuidadosa; posteriormente un pulido fino o cromado proporcionará las condiciones necesarias para facilidad de limpieza, evitando además que el material se adhiera y provoque taponaduras en el orificio.

Cuando el orificio es circular, su diámetro será igual al del tornillo. En caso de orificio rectangular u ovalado, la abertura se prolongará preferentemente en dirección del eje del tornillo de forma que su longitud sea mayor que el paso de éste en la zona de alimentación para ayudar al arrastre del material. Además, para facilitar el transporte, el tornillo generalmente tiene un diámetro igual al paso y el cilindro se encuentra refrigerado con agua circulante en la zona de alimentación para evitar que el material caliente se pegue. La Fig. IV. 1 muestra en forma esquemática lo dicho anteriormente.

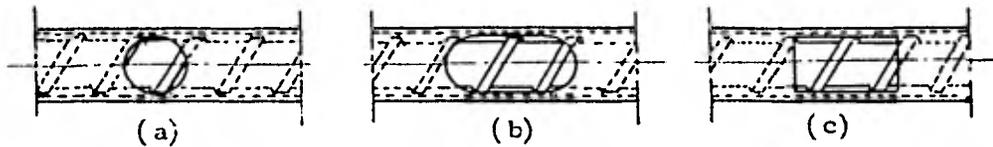


FIG. IV. 1. - MUESTRA LOS DIFERENTES ORIFICIOS DE ALIMENTACION: a). - ORIFICIO DE ALIMENTACION CIRCULAR, EL DIAMETRO DEL TORNILLO ES IGUAL AL DIAMETRO DEL ORIFICIO, Y ESTOS A SU VEZ SON IGUALES AL PASO DEL TORNILLO EN LA ZONA DE ALIMENTACION. b). - ORIFICIO OVALADO, y c). - ORIFICIO RECTANGULAR. ESTOS DOS ULTIMOS SE PROLONGAN EN LA DIRECCION AXIAL DEL TORNILLO.

Usualmente para alimentar el material a través del orificio, es necesario disponer de una tolva de alimentación. La tolva para alimentación es un embudo cuyo principal finalidad es tener una reserva de material. El

diseño de la tolva será de manera que no se formen arcos durante la alimentación. La forma más común de una tolva es de tipo cónico. El grado de ausamiento será lo más empinado posible, usándose para efecto de diseño ángulos de 20° y 45° . Se construyen principalmente en chapa de hierro, soldada por arco eléctrico. Se instala directamente sobre el orificio practicado en el cilindro de extrusión.

A). - Alimentador Continuo.

Un sistema de alimentación continuo debe ser capaz de proporcionar una alimentación uniforme; para ésto se han empleado sistemas vibratorios con gran éxito. Una plataforma inclinada se alimenta desde una tolva independiente. Dicha plataforma se sostiene sobre resortes y tiene en su interior una armadura de un electroimán. La bobina se energiza, la plataforma vibra y debido a su inclinación el material avanza. En éste caso el material cae directamente al orificio de alimentación sin necesidad de una tolva. La velocidad de alimentación se regula variando la frecuencia de vibración del electroimán o cambiando lapendiente de la plataforma.

B). - Alimentador con Agitadores.

Son empleados para evitar la formación de puentes durante la alimentación.

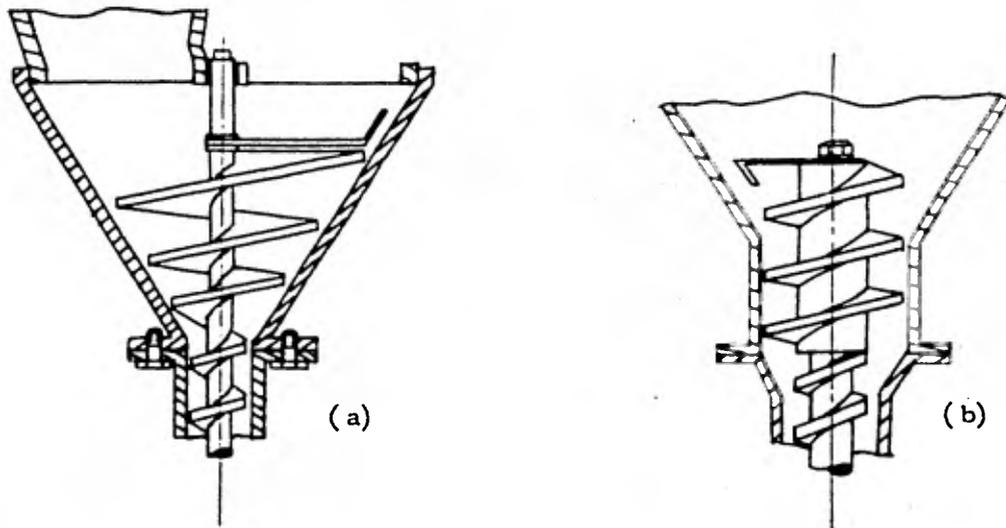


FIG. IV. 2. - TOLVAS DE ALIMENTACION CONSTITUIDAS CON UN MECANISMO QUE LE SIRVE DE AGITADOR. LAS DOS TOLVAS ESTAN DISEÑADAS PARA ACOPLARSE DIRECTAMENTE A LOS TORNILLOS DE EXTRUSION DE LAS EXTRUSORAS QUE TENGAN EXTREMO ABIERTO. SE INTERCAMBIAN DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE LA MAQUINA EXTRUSORA.

Existen algunas máquinas extrusoras de tipo vertical que tienen el extremo final del tornillo abierto, de forma que es posible adaptar una tolva en forma de embudo; además es posible acoplar un tornillo sin-fin de sección cónica al tornillo de extrusión, con lo que se tendrá una alimentación bien proporcionada. La tolva y correspondiente tornillo varían en tamaño y se intercambian de acuerdo al material a extruir. La Fig. VI. 2. muestra diferentes diseños de tolvas con tornillo sin-fin que se pueden adaptar a máquinas extrusoras para tener una alimentación sin información de puentes.

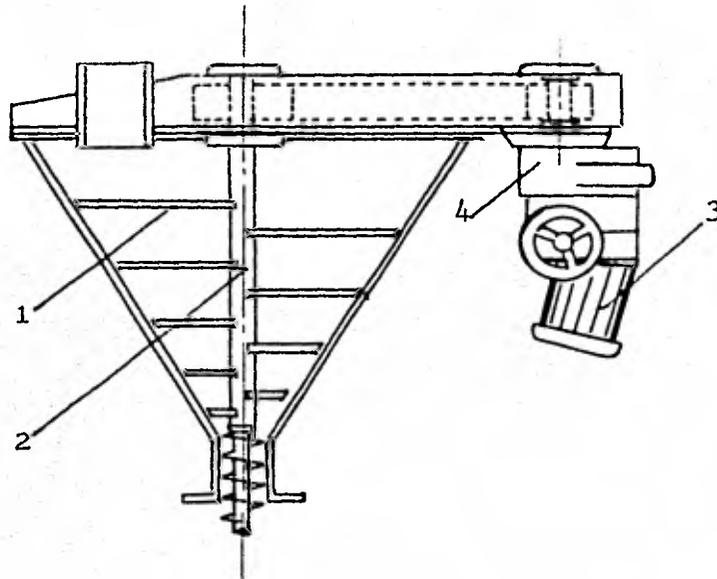


FIG. IV. 3. - TOLVA DE ALIMENTACION CON PALETAS AGITADORAS; - PROVISTA DE UN MOTOR INDEPENDIENTE QUE PROPORCIONA LA FUERZA MOTRIZ.

La Fig. IV. 3 nos muestra una tolva de alimentación provista de elementos agitadores. Consta de un husillo que soporta unas paletas 1 que pueden estar acopladas a la transmisión del tornillo de extrusión, sincronizadas de forma que la alimentación sea proporcional a la extrusión del material, en caso de que se trate de una máquina mezcladora, se usa un árbol de paletas con un tornillo sin-fin 2 para compresión del material en el fondo de la tolva, en éste caso el movimiento se proporciona con un motor independiente 3, a través de un variador de velocidad 4.

C). - Alimentador con Secadores.

Las condiciones o propiedades del material de alimentación también pueden causar problemas en el proceso de extrusión; así materiales con

propiedades higroscópicas que no fueron sometidos a un proceso de secado previo a la extrusión, son la causa de alineaciones de pequeñas burbujas en el producto extruído, además, en productos transparentes causan opacidad. Materiales como los vinilos y polietilenos pueden ser extruídos directamente, en cambio los celulósicos y las poliamidas por sus propiedades higroscópicas necesitan secarse previamente. El secado puede hacerse instalando elementos calefactores en la tolva de alimentación directamente o en sistemas de secado independientes.

El secado de material granulado y en polvo con propiedades higroscópicas se hace en una tolva provista de sistema calefactor. Generalmente se realiza pasando aire entre el material de la tolva; dicho aire ha sido calentado previamente por resistencias eléctricas y pasando por depósitos de gel de silicato para retener la humedad.

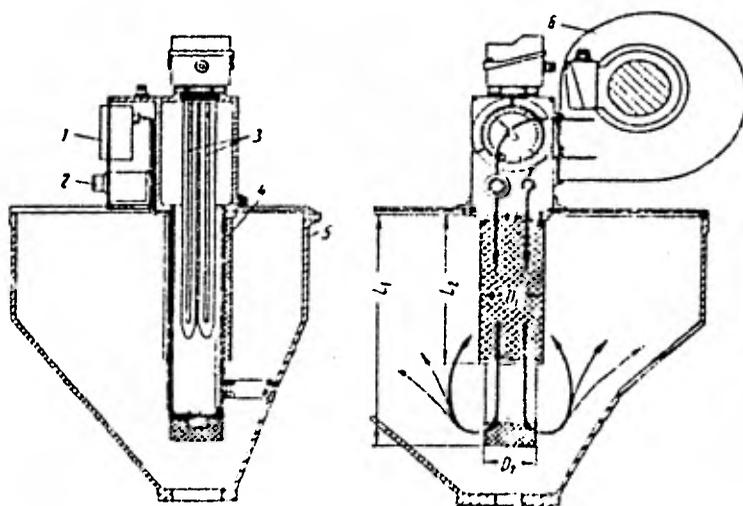


FIG. IV. 4. - DISPOSITIVO PARA SECAR Y CALENTAR EL MATERIAL DIRECTAMENTE EN LA TOLVA DE ALIMENTACION.

En la Fig. IV. 4 se observa el flujo de aire impulsado por el ventilador 6, a través de los calentadores eléctricos 3 y filtro 4, para finalmente hacerlo pasar entre el material contenido en la tolva. Para su control se tiene el termostato 2 y el termopar 1.

También se emplean alimentadores vibratorios para llenar bandas que conducen el material a través de un sistema de calentadores de radiación para el secado del material, y finalmente depositarlo en el orificio de alimentación. En éste caso es posible mantener una alimentación uniforme debido a que la banda alimentadora se puede acoplar con la transmisión del tornillo extrusor, lo que permite una alimentación proporcional a la extrusión del material.

D). - Alimentador para Desperdicio.

Este es un caso especial de alimentación, y es empleado cuando se trata de alimentar desechos termoplásticos: trozos, película y lámina. La alimentación generalmente se hace por medio de rodillos compresores. Como se observa en la Fig. IV. 5, el sistema dispone de unas cuchillas limpiadoras 2 para evitar que se atasquen los rodillos 1.

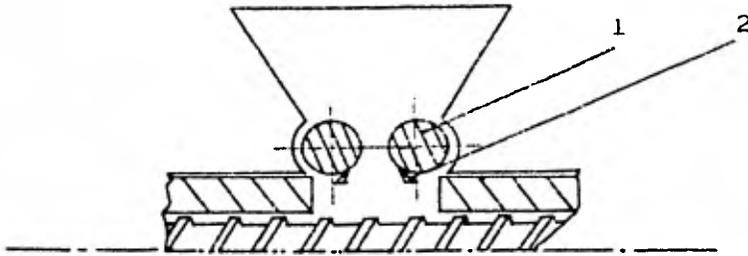


FIG. IV. 5. - AQUI SE MUESTRA UN CORTE DE UNA TOLVA CON RODILLOS ALIMENTADORES; GENERALMENTE SE EMPLEA PARA ALIMENTAR DESPERDICIO TERMOPLASTICO.

E). - Dosificación durante la Alimentación.

Cuando se requiere dosificar material durante la alimentación es necesario emplear un sistema de básculas; la Fig. IV. 6 muestra unas básculas de banda 1 y 2, las cuales conducen el material para depositarlo en un embudo de doble boca 3, de donde pasa al cilindro de extrusión.

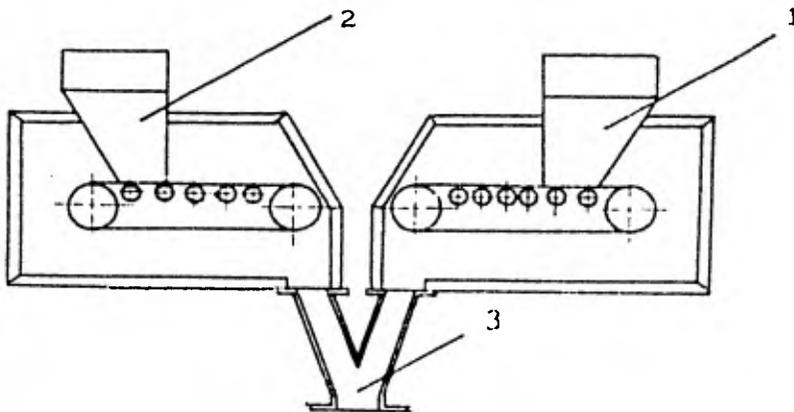


FIG. IV. 6. - DOSIFICACION POR MEDIO DE UN SISTEMA DE BASCULAS CON TRANSPORTADORES DE BANDA, LOS CUALES HACEN CONVERGIR LOS MATERIALES HACIA UN EMBUDO MULTIPLE.

La dosificación también se realiza con auxilio de tolvas independientes. Cada una de ellas contiene un material diferente que es alimentado a la extrusora por medio de una doble espira dosificadora que al girar arrastra el material de las tolvas independientes y la hace convergir en un orificio central 7 de donde el material cae por gravedad. El sistema consta de dos tolvas 1, motoreductor 2, acoplamientos 3, tubos conductores 4 y 5, y espira doble de arrastre 6. Ver fig. IV.7.

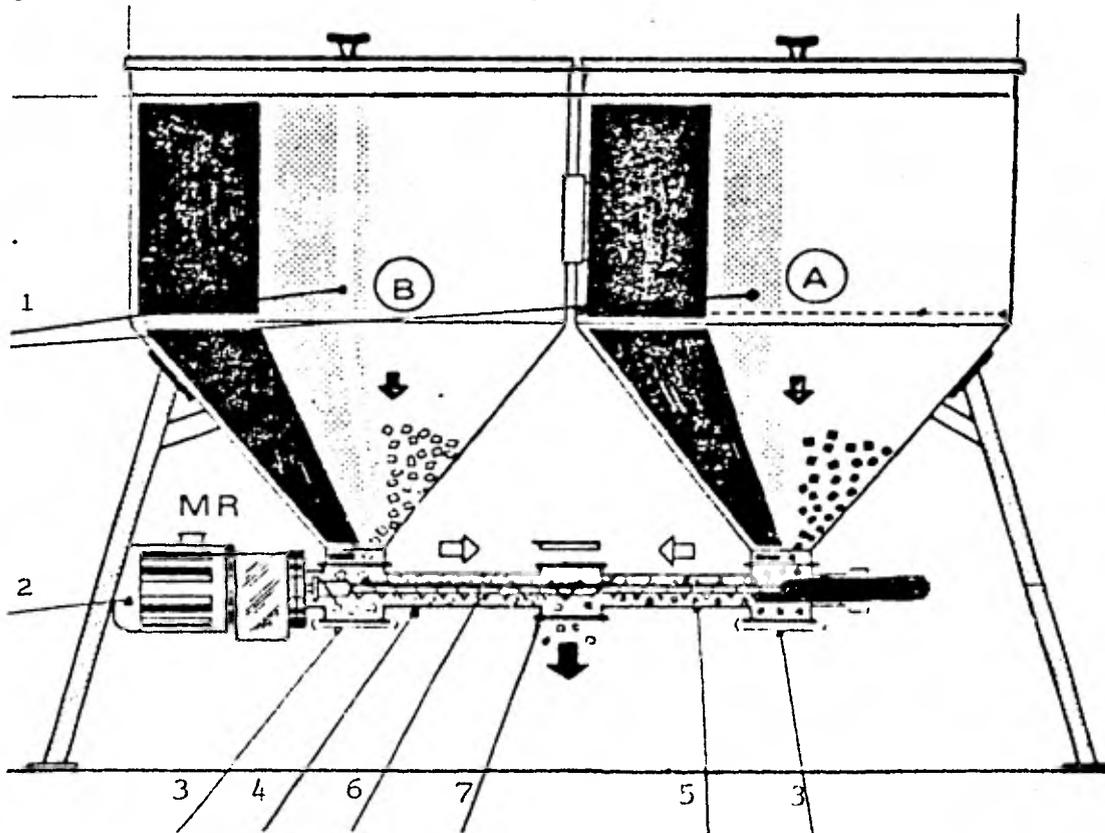


FIG. IV.7. - ESQUEMA DE UNA TOLVA DOSIFICADORA CON TRANSPORTADOR DE ESPIRAS GIRATORIAS. COMO SE OBSERVA, LAS ESPIRAS ESTAN ARREGLADAS DE FORMA QUE AL GIRAR ARRASTRAN EL MATERIAL PARA HACERLO CONVERGIR A UNA SALIDA COMUN.

F). - Cargadores de Material.

Para cargar tolvas de alimentación en máquinas de alta producción o gran capacidad de transformación, se usan cargadores neumáticos o mecánicos.

La Fig. IV. 8 nos muestra un cargador neumático, donde el material es arrastrado desde el saco de material 5 a través de un tubo 3 cuando se hace pasar aire a presión por un eyector 4. El material absorbido es conducido directamente a la tolva de alimentación 1, donde el aire excedente sale por el filtro 2.

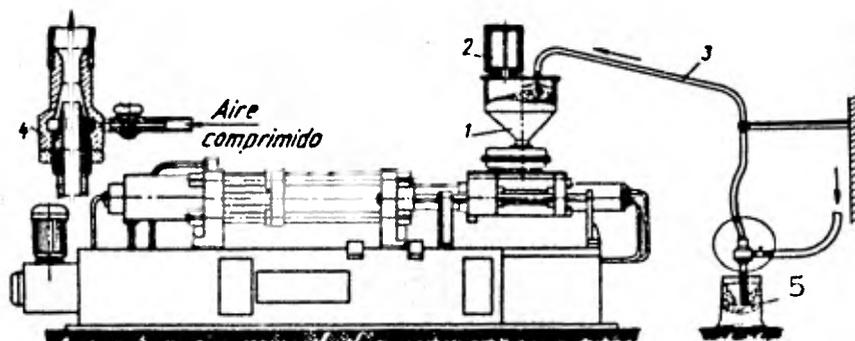


FIG. IV. 8. - ESQUEMA DE UN CARGADOR NEUMÁTICO PARA RECARGAR LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN DE LA MÁQUINA.

Un ejemplo de cargador de tipo mecánico, lo tenemos en la Fig. IV. 9. El elemento de arrastre es una espiral giratoria. La alimentación se hace directamente desde un saco o depósito, donde la espira 7, al girar atrapa el material en un espacio formado por un tubo interno y otro externo a dicha espira. El mecanismo consta de un motor eléctrico trifásico 2 que mueve a la espira giratoria de acero especial 4 por medio del acoplamiento 3, den

tro del tubo flexible 6. La salida se efectúa por medio de la garganta 5. Las dimensiones acotadas en la figura, indican que el tamaño del mecanismo - - puede variar de acuerdo a la capacidad requerida.

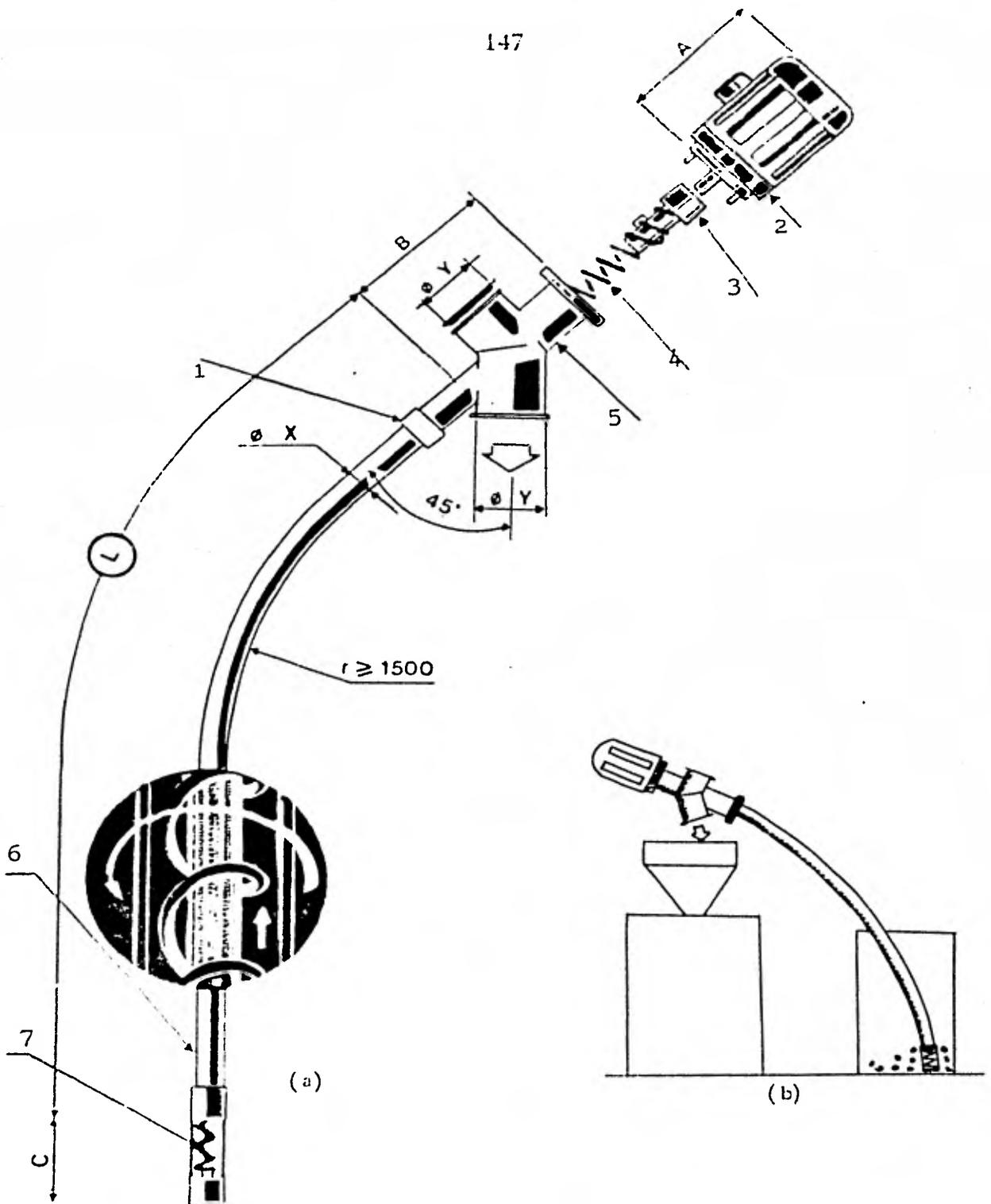


FIG. IV. 9. - REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN CARGADOR DE MATERIAL TERMOPLASTICO; EL ARRASTRE MECANICO ES POR MEDIO DE UNA ESPIRAL. a). - ASPECTO FISICO DEL CARGADOR, b). - EL MECANISMO EN POSICION DE FUNCIONAMIENTO.

VI. 3. - EQUIPO PARA MANIPULAR EL PRODUCTO.

Es evidente la importancia que tiene la selección del equipo auxiliar adecuado para conservar la calidad del producto extruído una vez que éste abandona la matriz o dado. El equipo que retira el producto será de construcción resistente para evitar vibraciones, de operación continua y con un amplio rango de velocidades; ésto se debe a que las vibraciones o un cambio brusco de velocidad causará deformaciones en el producto.

En general el equipo auxiliar para manipular el producto comprende: calibradores, enfriadores, poleas tensoras, jaladores, enrolladores e instrumentos para medición y corte. Cuando se trata de recubrimiento de alambre, papel, lámina metálica o tejidos también es necesario un alimentador del material a recubrir y un precalentador del mismo. Además se tiene un equipo complementario particular a cada proceso diferente de extrusión y que será mencionado en su oportunidad.

Debido a que la calidad y acabado de los productos exigen un alto grado de control de velocidad en éstos equipos, es necesario mencionar la importancia del tipo de transmisión que los mueve.

Para lograr una velocidad constante del equipo que retira el producto comunmente las transmisiones de éste se encuentran acopladas y sincronizadas (eléctricamente) con la transmisión de la máquina extrusora. En realidad no se tiene velocidad constante, sino más bien proporcional a la del tornillo de extrusión. En ésta forma la velocidad del alimentador, jalador, enrolador se tiene controlada anulando así posibles defectos en el pro

ducto debido a cambios bruscos de velocidad.

Cuando el producto extruído es grande se usan motores independien -
tes para mover éste equipo. En éste caso se controlan por medio de fotocel -
da. Los ejes de los motores llevan unos discos ranurados por donde se hace
incidir un haz luminoso; en el lado opuesto se encuentra una fotocelda que -
está registrando los impulsos luminosos y enviando la señal (proporcional -
a la velocidad de giro del motor) al sistema regulador de velocidad.

a). - Suministradores.

En el recubrimiento de cable, láminas, tejidos o papel es necesario
instalar un alimentador del material a recubrir.

Generalmente se tiene un sistema doble de bastidores que soportan -
los rollos de material base del recubrimiento. El objetivo es alimentar ma -
terial de un rollo nuevo inmediatamente que se termina el otro por medio -
de un mecanismo distribuidor. Lo dicho anteriormente se realiza sin dete -
ner el proceso y con la mfnima variación de velocidad; para ésto cuenta -
con un mecanismo de control de transmisión. Esta transmisión puede estar
sincoronizada con el jalador, enrollador y máquina extrusionadora.

Cuando el rollo sobre el bastidor es pequeño (por ejemplo para - -
alambre de diámetro pequeño) puede tener giro libre y se encuentra regula -
do simplemente por un freno.

El sistema doble de alimentador permite retirar el rollo agotado y -
colocar uno nuevo sin alterar en lo mfnimo el funcionamiento general. En -
la Fig. IV. 10 se muestra un sistema alimentador de alambre de recubri -

amiento.

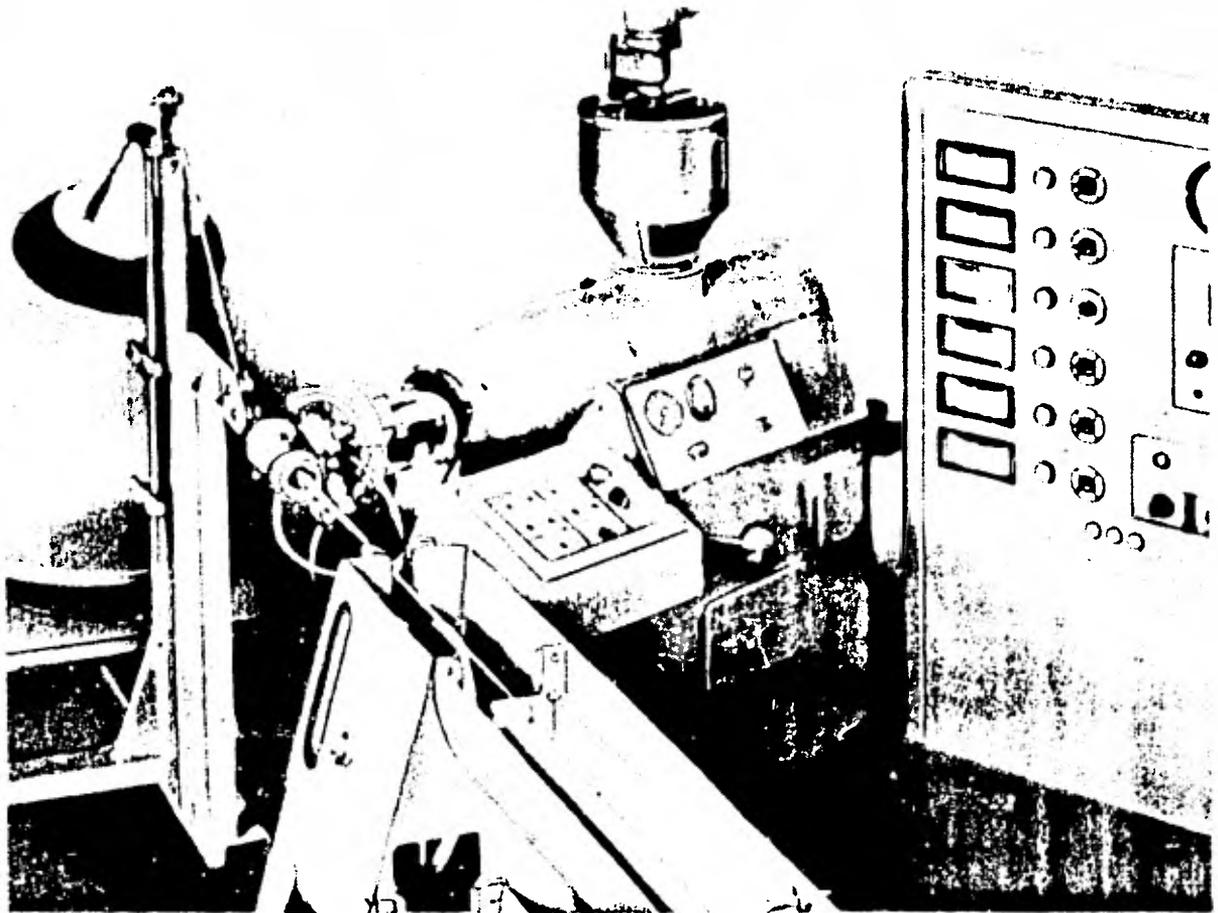


FIG. IV.10. - ALIMENTADORA, EXTRUSIONADORA CON CABINA DE CONTROL Y FINA PARA ENFRIAMIENTO EN UNA PLANTA DE RECUBRIMIENTO DE ALAMBRE.

Antes de tratar el sistema de enfriamiento, es necesario destacar la importancia que tiene el espacio libre de aire que recorre el material extruido desde que sale de la matriz hasta que toca el refrigerante. Este espacio tiene influencia en el templado, brillo y acumulación de esfuerzos del producto fabricado. El espacio es variable de acuerdo a la velocidad li-

neal de producción; es decir a mayor velocidad el producto llega más rápidamente al refrigerante por lo que se requiere un mayor espacio libre recorrido. Este espacio también es función del material que se trabaja y de las propiedades requeridas. La determinación de éste espacio esta basado en observaciones prácticas principalmente.

b). - Refrigeración.

Por medio de refrigeración se proporciona al producto la rigidez necesaria que permita su manejo en la retirada sin que sufra deformaciones indeseables a la vez que admita el estirado de sus fibras (orientación) ya sea longitudinal o transversalmente. El enfriamiento será rápido, lento o regulado en función de las propiedades que se requieran del producto extruido. Por ejemplo los vinilos, celulósicos y poliestirenos requieren un enfriamiento lento para no formar burbujas y/o ampollas.

El enfriamiento rápido puede hacerse en tinas, depósitos o chorros de agua. Para enfriar lentamente se emplea aire o agua caliente. La refrigeración regulada se efectúa en tinas seccionadas que permiten tener una temperatura escalonada a lo largo de ésta.

TINA DE ENFRIAMIENTO.

La tina de enfriamiento se emplea para refrigerar algunos productos de extrusión por ejemplo; cable y alambre recubierto tubos y mangueras básicamente.

Generalmente la tina se forma de secciones que permiten variar la

longitud de ésta, de acuerdo a las necesidades de enfriamiento. El tamaño de la sección transversal también varía de acuerdo a las dimensiones del perfil extruído. Tienen en su interior unos rodillos guías de giro libre que mantienen el producto completamente sumergido en el baño de agua durante su paso por la tina. La Fig. IV. 11 muestra una tina de enfriamiento.

Para evitar fugas de agua y disminuir el exceso de la misma en el producto, se hace pasar éste por la tina a través de unos empaques de goma que se encuentran sujetos en los extremos de dicha tina. El secado final se realiza con aire soplado directamente sobre el producto.

Actualmente debido a las altas velocidades de producción el producto está menos tiempo en contacto con el agua de enfriamiento, lo que ha hecho necesario aumentar la longitud de las tinas. Por lo mismo han sido necesarios conectar sistemas de agua de recirculación que enfrían una o varias tinas a la vez.

Existen también tinas seccionadas por placas perforadas en forma escalonada que permiten un estiramiento y calibrado proporcional del producto. Ver Fig. IV. 18.

Las tinas pueden ser de uno o más pasos (hasta 3), con lo cual se consigue aumentar la longitud de enfriamiento.

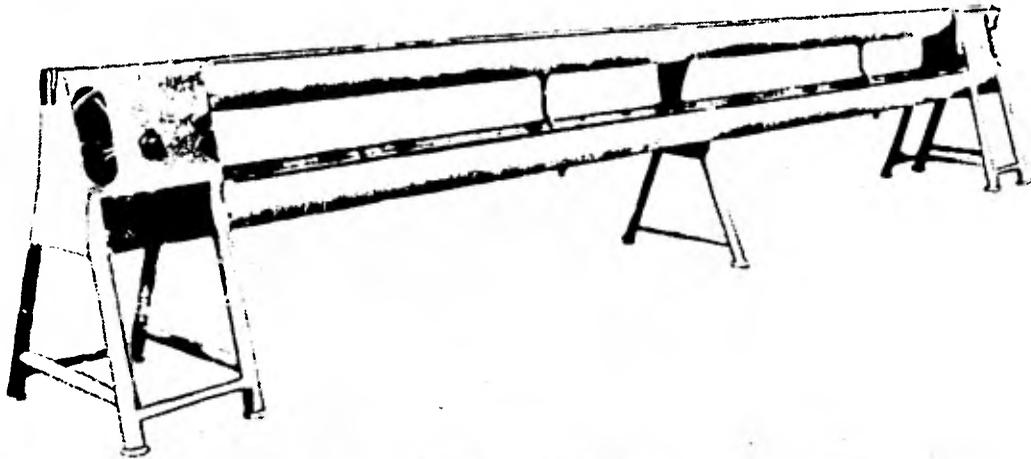


FIG. IV. 11. - ENFRIADOR DE DOBLE TINA. CON UNA LONGITUD TOTAL DE 6 M PROPORCIONA 15 M DE LONGITUD DE ENFRIAMIENTO. EL CABLE AL ENTRAR ES GUIADO A LA TINA SUPERIOR PARA DESPUES PASAR POR LA INFERIOR Y NUEVAMENTE POR LA SUPERIOR COMO PASO FINAL.

ESTANQUES DE ENFRIAMIENTO.

Los estanques de agua son comunmente usados para el enfriamiento de pelcula, monofilamento y perfiles. Su tamaño depende del producto extruido. Se encuentran ubicados en un nivel inferior a la extrusionadora. Generalmente contienen un rodillo de giro libre que sirve para mantener el producto completamente sumergido en el refrigerante. Este rodillo tiene mecanismos que le permiten variar su profundidad en el estanque. En este caso el secado se realiza inmediatamente que sale del baño, por medio de unos rodillos secadores.

RODILLOS ENFRIADORES.

Tienen su aplicación especialmente en el enfriamiento de pelcula

tubular, recubrimientos sobre un material base ya sea en forma de lámina o placa. Estos rodillos tienen un diseño interno que les permite la máxima transferencia de calor. Su control de temperatura es por recirculación de fluido refrigerante que generalmente es agua enfriada en un sistema de refrigeración externo. También puede funcionar como calentador al recircular un fluido calefactor (aceite, vapor, agua).

Además del control de temperatura, éstos rodillos presan el producto de forma que salga completamente plano y liso, siendo necesario que sean perfectamente pulidos y cromados.

Por lo anterior se dice que éstos rodillos también actúan como pulidores o alisadores del producto.

MATRIZ DE REFRIGERACION.

Tiene su principal aplicación en el enfriamiento de tubos y mangueras. Cuando no se requieren dimensiones precisas, se usa una matriz en forma de tubo, rodeada de una camisa de refrigeración por donde pasa aire o agua enfriados.

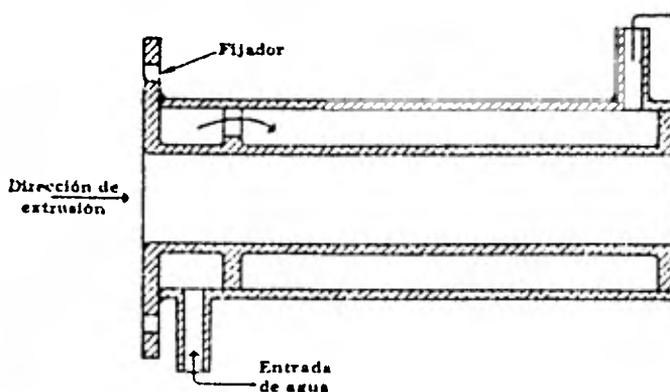


FIG. IV. 12. - CALIBRADOR EXTERNO PARA TUBO, ENFRIADO CON AGUA.

ENFRIAMIENTO DE PELICULA TUBULAR.

Los sistemas de refrigeración empleados para la película tubular son diversos y como no es posible generalizarlo con respecto al equipo enfriador mencionado anteriormente se describirá en forma independiente.

Uno de los objetivos de enfriamiento en la película tubular, es evitar que ésta se pegue entre sí al pasar por los rodillos plegadores.

Los métodos usuales de enfriamiento son los siguientes de acuerdo a la Fig. IV.13: anillos de refrigeración enfriados por aire 1 y 2, camisas de agua de circulación 3 y 4, placas inclinadas enfriadas con agua o aire 5 y 6, refrigeradores interno 8 (a la película tubular) enfriados por agua 3 y 9 ó finalmente una combinación de los anteriores.

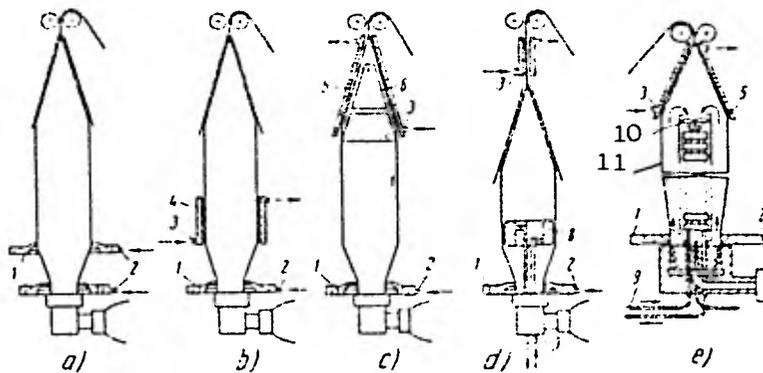


FIG. IV.13. - SISTEMAS DE REFRIGERACION:

a). - CON AROS DE REFRIGERACION POR AIRE; b). - CON UN ARO DE REFRIGERACION POR AIRE Y CAMISA DE AGUA; c). - CON PLACAS DE REFRIGERACION POR AGUA; d). - CON REFRIGERACION EXTERIOR DE AIRE Y AGUA E INTERIOR CON AGUA; e). - CON DISPOSITIVO DE REFRIGERACION COMBINADO.

Para intensificar el enfriamiento interno de la película se usan venti-

ladores 10, que impulsan el aire frío hacia las paredes internas de la película tubular 11.

c). - Jaladores

Por medio de éste equipo se realiza el estirado necesario para dar dimensiones requeridas en el producto, a la vez que aumenta su resistencia a la tracción debido a la orientación molecular obtenida en el producto.

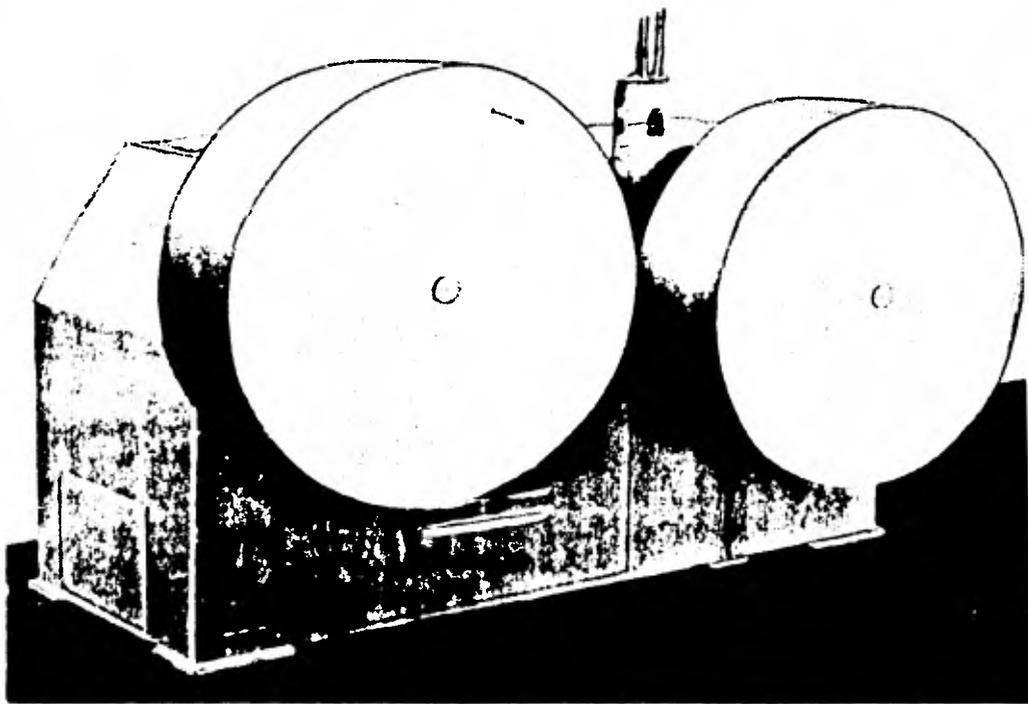


FIG. IV.14. - JALADOR DE TAMBORES GEMELOS DE 50 CM. DE DIÁMETRO PARA INSTALACION DE ALAMBRE.

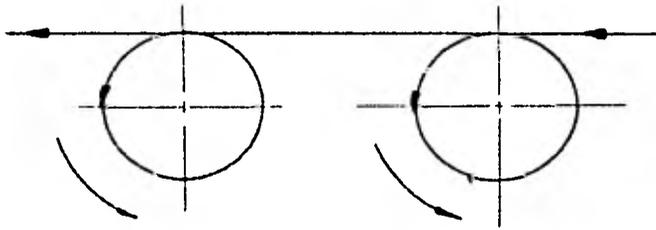


FIG. IV. 15. - REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA FIG. IV. 14. EL ALAMBRE SE ARROLLA 4 O 5 VECES EN LOS TAMBORES CILINDRICOS.

En general la tracción puede ser por medio de rodillos, con cadenas de oruga o bandas deslizantes. El mecanismo deberá permitir presionar diferentes diámetros o espesores sin dañar el producto.

TRACCION POR MEDIO DE RODILLOS.

En éste caso se tiene un cabrestante que soporta pares de rodillos - o cilindros, y se usa básicamente para tubería y alambre de diámetro pequeño, película y recubrimiento de papel, tejidos, lámina y placa.

En cada par de rodillos, generalmente uno de ellos es de acero pulido y el otro de presión recubierto con una capa de hule maquinado (neopreno) para no dañar al producto.

El sistema consta de transmisión con amplio rango de velocidades - controladas por un regulador preciso que permite variar la velocidad suavemente. Dicha transmisión puede estar sincronizada con la de la máquina de extrusión, suministro y enrollador. En éste último puede ser por medio de

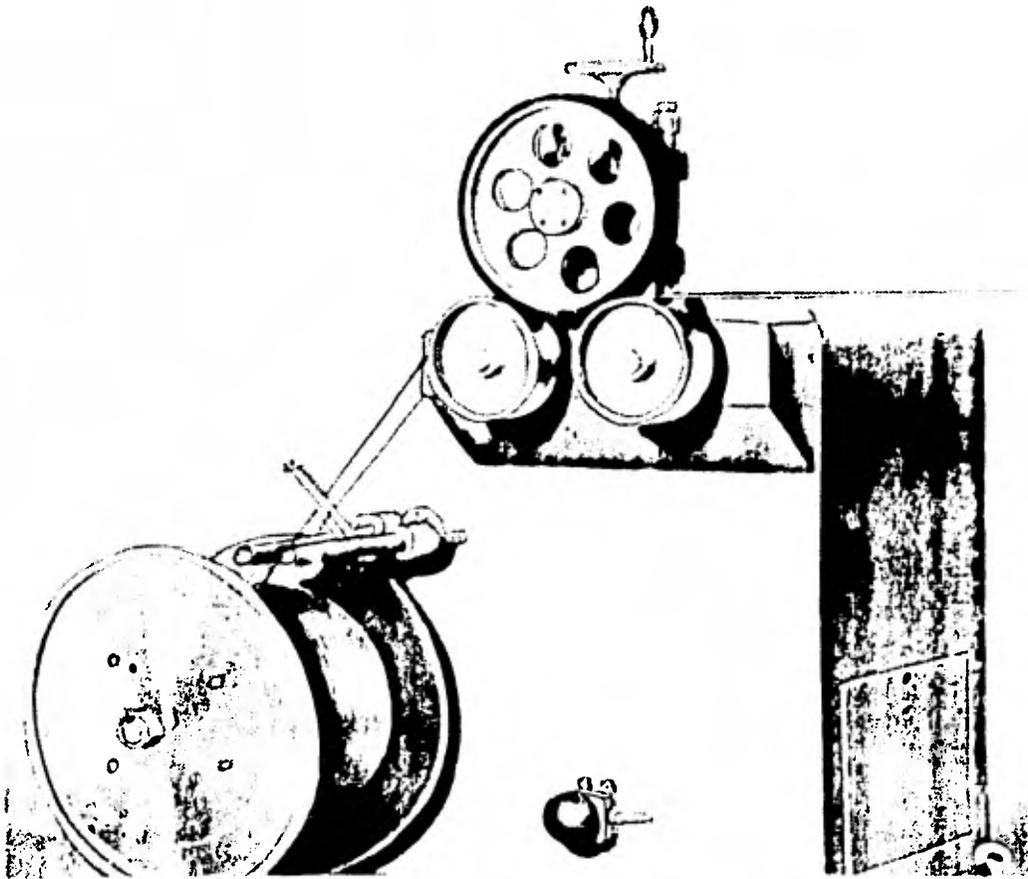


FIG. IV. 16. - COMBINACION DE JALADOR Y ENROLLADOR DE ALAMBRE PARA TAMBORES (DE ENROLLADO) CON 60 CM. DE DIAMETRO MAXIMO.

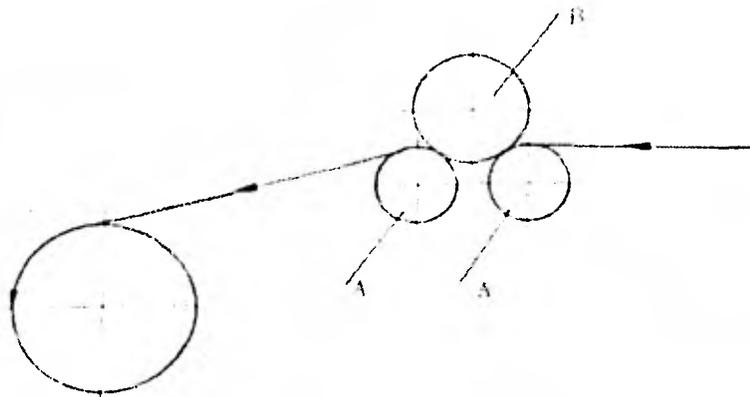


FIG. IV. 17. - REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA FIG. IV. 16. EL ALAMBRE ES JALADO POR MEDIO DE LOS RODILLOS DE PRESION A Y B.

un aparato de tensión constante.

En el caso del cable o alambre, éste se enrolla 4-5 veces en los - - tambores (cilindros) antes de pasar al bastidor de enrollado. Fig. IV.14 y Fig. IV.15. El diámetro de los tambores varía de acuerdo al calibre del - alambre.

También para el alambre y cable existen los jaladores de rodillos - de presión; dicha presión se ajusta por medio de una manivela colocada en la parte superior del mecanismo. Fig. IV.16 y Fig. IV.17.

En el manejo de placa existen 2 pares de rodillos cubiertos de neo - preno que giran a una velocidad ligeramente menor a la de los rodillos ali - sadores para compensar el encogimiento de la placa conforme se enfría.

En instalaciones de película tubular, el par de rodillos se encuentra en la posición que determina la dirección de la extrusión. Cuando la pelcu la pasa por los rodillos, es completamente plegada evitando así las fugas - del aire necesario para el soplado.

En el estirado de tubo, los rodillos tienen el perfil de un semicirculo para lograr el apriete adecuado. Fig. IV. 18.

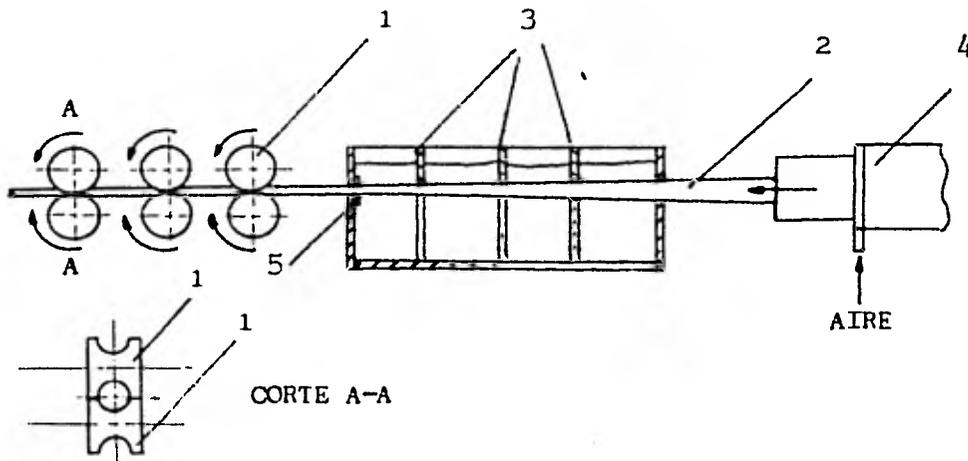


FIG. IV. 18. - ESTIRADO DE TUBO POR MEDIO DE RODILLOS PERFILADOS. COMO SE OBSERVA EN LA FIGURA: RODILLOS DE PERFIL 1, PERFIL DEL TUBO EXTRUIDO 2, PLATOS DE FORMACION 3 DENTRO DE LA TINA DE ENFRIAMIENTO, EXTRUSORA 4, GLANDULA DE SELLADO 5.

Para la orientación y calibrado de monofilamentos se tienen dos pares de rodillos girando a diferentes velocidades y con un calentador intermedio (baño caliente, estufa o rodillos calentados). la Relación de velocidades entre los dos pares de rodillos es muy amplia e influye directamente sobre la orientación de las fibras; es decir el monofilamento se estira al pasar entre éstos rodillos, como consecuencia de la diferencia de velocidades. Fig. IV. 19.

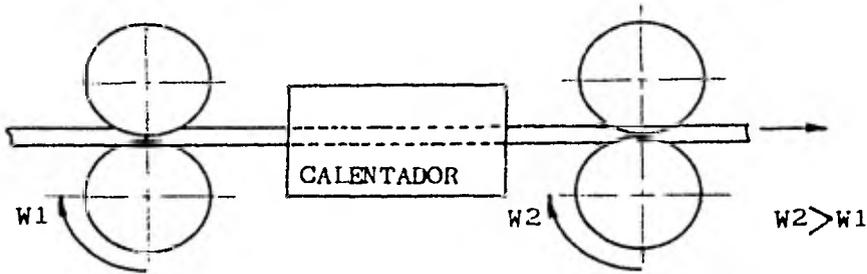


FIG. IV. 19. - REPRESENTACION DEL SISTEMA DE ESTIRADO PARA UN MONOFILAMENTO POR MEDIO DE RODILLOS QUE GIRAN A DIFERENTES VELOCIDADES. PARA EL PROCESO SE REQUIERE DE UN CALENTADOR INTERMEDIO.

TRACCION POR MEDIO DE BANDAS Y CADENAS.

Son usadas principalmente para el manejo de productos de secciones grandes, tubos y cables de diámetro mayor. Sin embargo también se pueden usar para tubos y cables de diámetro pequeño debido a su gran versatilidad.

Las cadenas (bandas) de tracción con orugas tienen cojinetes flexibles que se adaptan a cualquier perfil fácilmente. Poseen accionamiento de velocidad variable, sin escalonamientos. Por medio de un variador se modifica la velocidad suavemente en un amplio rango. Fig. IV. 20 y IV. 21.

El sistema de sujeción en la oruga puede ser mecánico, neumático o hidráulico.

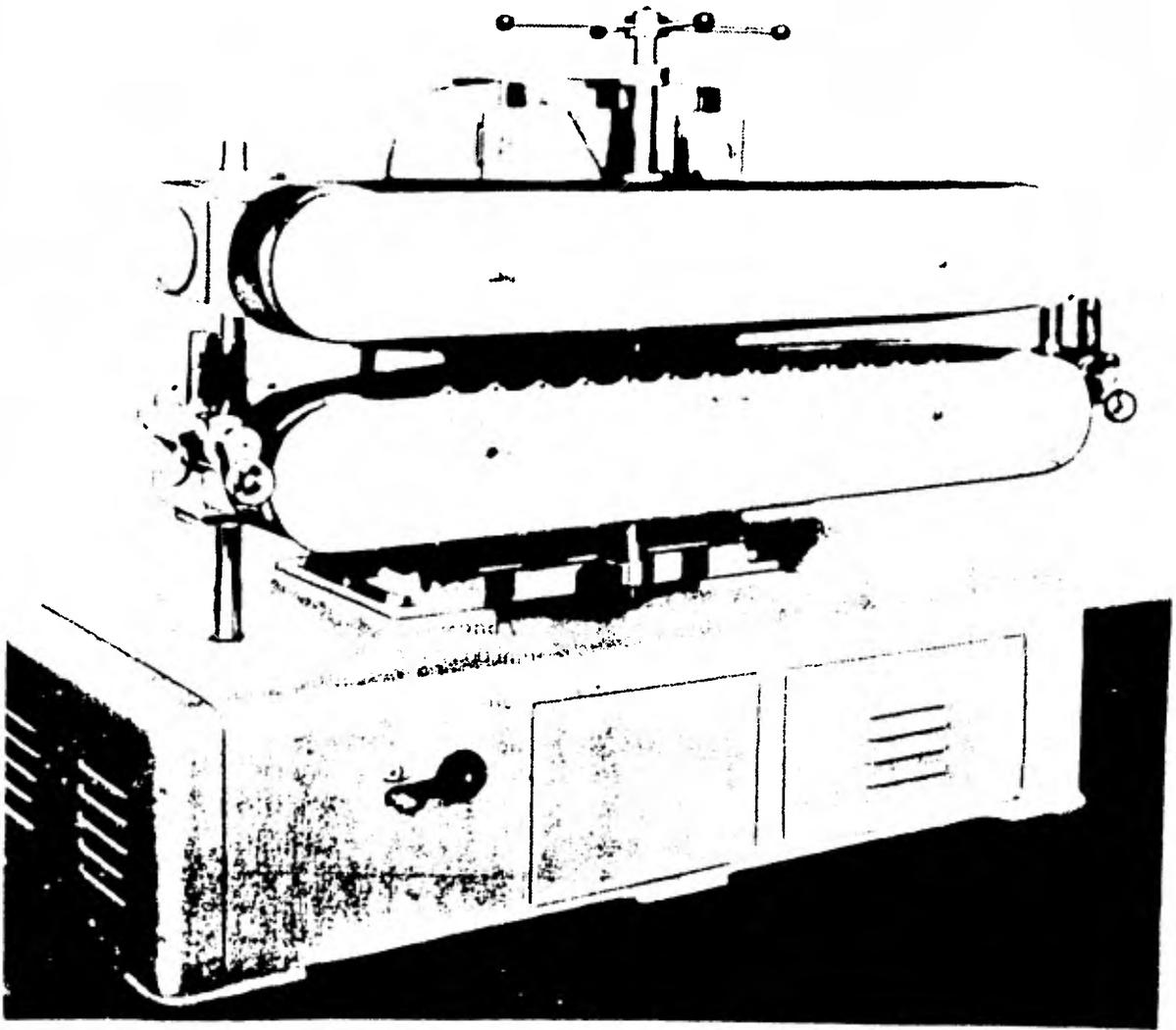


Fig. IV-20. MÁQUINA PARA ESTIRADO DE TUBOS Y PERFILES.

En la Fig. IV. 21 el volante 1 sirve para ajuste de distancia entre las orugas 2 y 3, 4 es el volante para posicionar la oruga inferior y manivela 5 para el variador de velocidades.

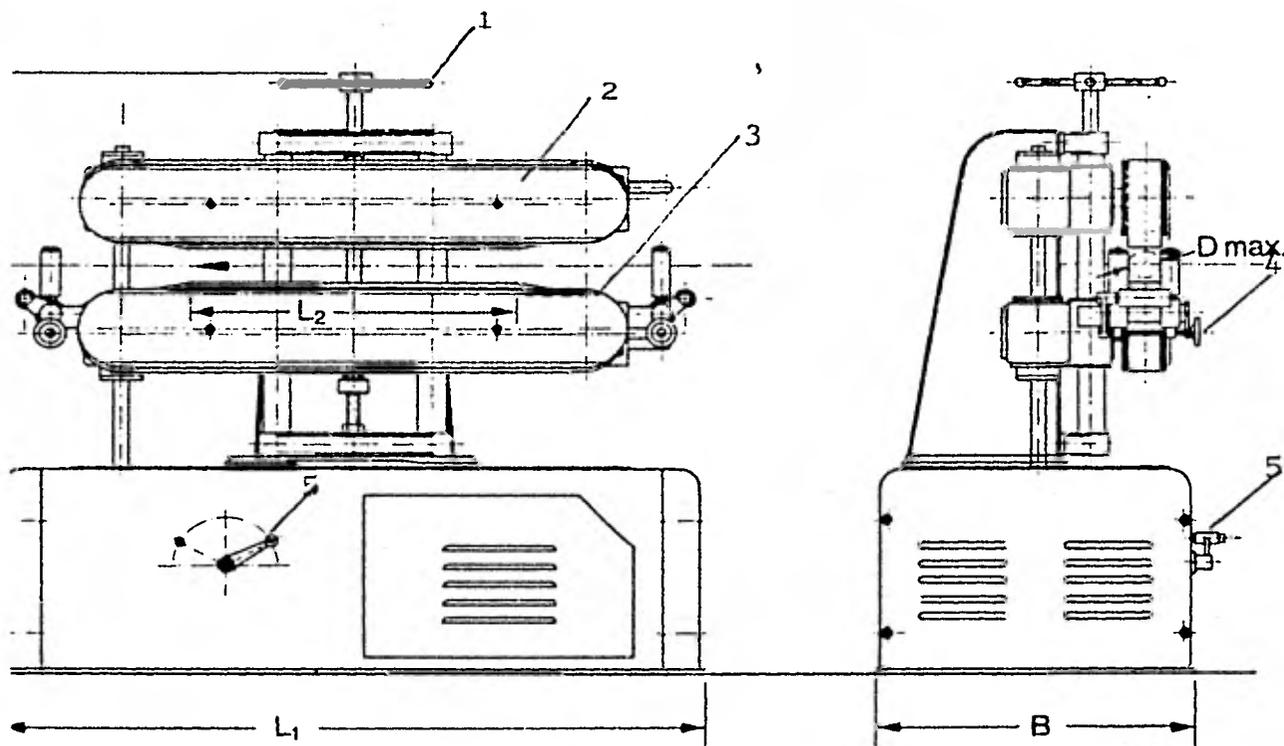


FIG. IV. 21. - ESQUEMA DE UN SISTEMA DE ESTIRADO POR MEDIO DE ORUGAS.

En el estirado de perfiles se usan comunmente transportadores de banda u orugas en combinaci3n con rodillos de perfil.

En la Fig. IV. 22 se muestra la tracci3n de tubos por medio de bandas arregladas en forma radial.

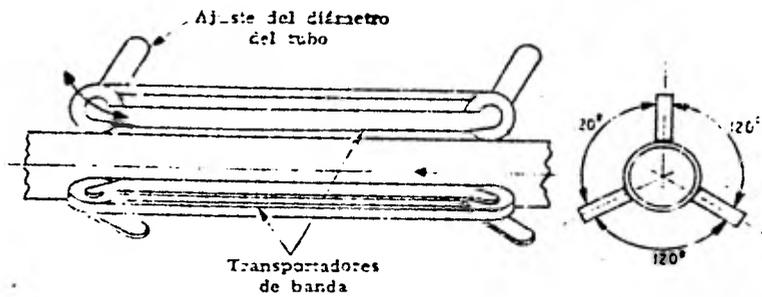


FIG. IV. 22. - UNIDAD DE TRACCION DE BANDA RADIAL.

Como se habrá observado, el estirado del producto tiene gran importancia por lo que los siguientes párrafos se han dedicado a la descripción de la orientación molecular.

COMENTARIOS SOBRE LA ORIENTACION MOLECULAR.

Es la alineación de moléculas causada por el estiramiento del producto en una o dos direcciones (axial o biaxial) **bajo condiciones** controladas de temperatura.

La orientación longitudinal de tubos, películas y láminas se realiza con el jalador, inmediatamente después del enfriamiento; el objetivo es aumentar la resistencia a la tracción.

El estirado transversal en tubos y películas tubulares es por medio de aire soplado al interior, manteniendo un volumen y temperatura constantes; además, manteniendo una velocidad constante del equipo de estirado, es posible controlar el espesor del producto. Generalmente el diámetro de la película soplada varía de 1 a 3 veces el diámetro de la matriz por lo que es posible obtener una gran variedad de espesores con una misma matriz. La orientación biaxial de la película tubular proporciona un producto de alta claridad y resistencia por lo que es posible usar película de espesor delga -

do con un ahorro considerable de material.

La orientación biaxial se realiza en poliestireno, polietileno, polipropileno y poliéster para producir película de alta resistencia.

En la orientación biaxial de película tubular, el movimiento de los calibradores debe controlarse en 2 direcciones, lo que resulta ser muy complicado. En éste caso la orientación transversal se hace por medio de unas - - mordazas que sujetan la orilla de la película y están unidas a unas cadenas - que se mueven sobre rieles divergentes originando con ésto el estiramiento - lateral. Ver Fig. IV. 23.

Como alternativa se pueden emplear bandas divergentes en lugar de las cadenas. El estirado se realiza en túneles para controlar el calentamiento y enfriamiento necesario para el proceso.

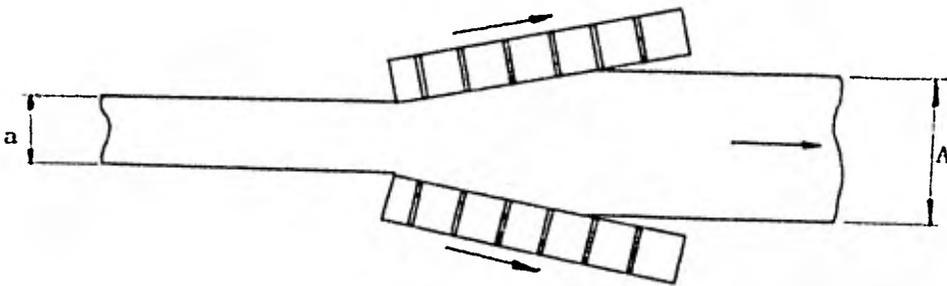


FIG. IV. 23. - REPRESENTACION DEL ESTIRADO TRANSVERSAL POR - MEDIO DE UN ARREGLO DE BANDAS EN POSICION DIVER - GENTE. EL ANCHO ORIGINAL ES a Y EL ANCHO FINAL - ES A .

d). - Enrolladores.

Generalmente se compone de un sistema doble de bastidores, cada -

uno de ellos soportando un carrete o cilindro de enrollamiento. El objetivo del doble sistema es el de empezar a enrollar el carrete vacío inmediatamente que el otro se ha llenado con el mínimo alteramiento en la velocidad de enrollado. El carrete lleno se retira e instala uno nuevo sin necesidad de parar el proceso general. Fig. IV. 24.

Tiene una transmisión con amplio rango de velocidad cuyo regulador es sensible a la tensión del producto. El regulador (variador) de velocidad puede ser por medio del eje central, con un aparato de embrague deslizante o por un motor de velocidad variable. La transmisión puede ser también por medio de fricción. Ya sea el contacto directo del enrollador con un rodillo jalador ó por medio de una banda apoyada directamente sobre el enrollador; así, conforme el enrollador aumenta de diámetro, se va corrigiendo automáticamente la velocidad de giro debido a que la relación de diámetros varía en forma proporcional por el contacto establecido, ya sea directamente o por medio de la banda entre enrollador y jalador.

En el enrollado de alambre, tubos y monofilamentos se tiene un aparato que distribuye uniformemente el producto evitando así aglomeraciones. Este aparato, llamado acomodador sirve también para iniciar el enrollamiento de un nuevo carrete cuando el otro se ha llenado, con el mínimo retraso posible.

En la extrusión de monofilamentos, éstos salen de una misma máquina en forma de grupo. El enrollado puede ser en carretes independientes para cada filamento o en un cilindro mayor para enrollar todos los filamentos.

mentos.

Para película tubular se requiere que los rodillos enrolladores sean de acero pulido o cromados, ya que cualquier imperfección de los anteriores se transmite a la película.

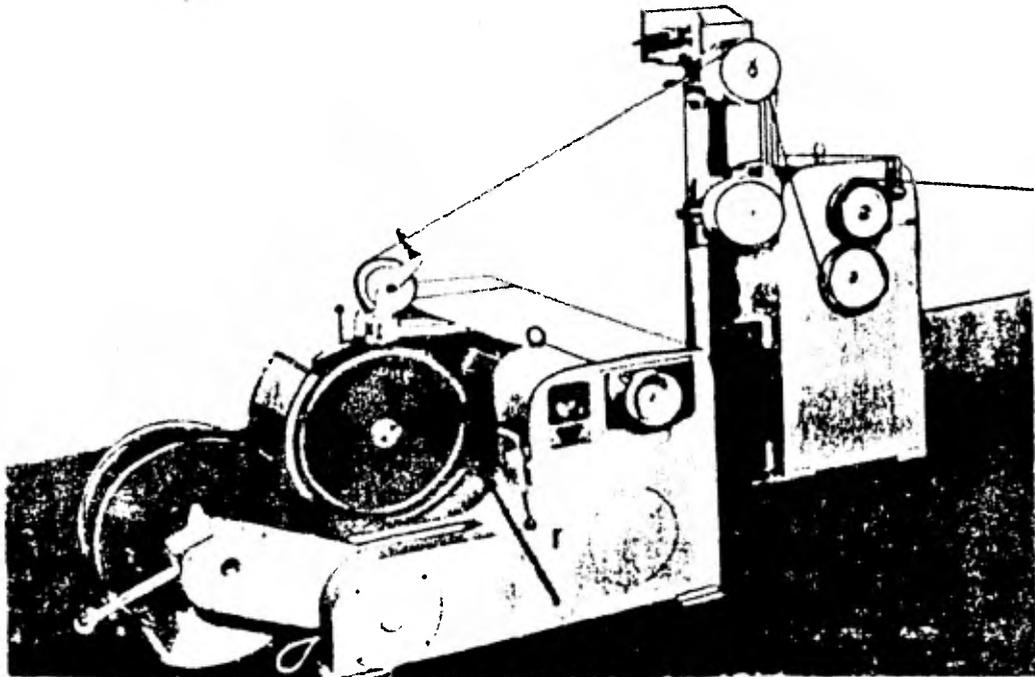


FIG. IV. 24. - SISTEMA DOBLE DE ENROLLADOR, TALLADOR Y CONTROL PARA PRODUCCION CONTINUA.

Durante la extrusión de película tubular, debido a ligeros descen - tramientos en la matriz, el producto saldrá con bordes longitudinales; és - to se nota como abultamiento en los cilindros enrolladores, causando así - estiramientos y distorsiones en las capas exteriores.

El defecto anterior es parcialmente corregido al distribuir el borde alrededor del tubo extruído, evitando así acumulación en dirección longitu -

dinal.

Para esto existen extrusionadoras en las cuales ya sea la máquina en sí, la matriz formadora o el sistema recogedor están provistos de movimiento oscilante.

En la Fig. IV. 42 a se tiene una extrusionadora vertical con movimiento oscilatorio y matriz recta. La Fig. IV. 42b, presenta una extrusionadora horizontal con matriz angular (90°), y la Fig. IV. 41, muestra una extrusionadora horizontal con matriz recta; en los casos anteriores se tiene sistema enrollador oscilante en posición vertical y horizontal respectivamente.

La Fig. IV. 25 representa un sistema recogedor de película tubular (Recogedor Universal). Maneja película extruída en forma vertical ya sea hacia arriba o hacia abajo y película tubular horizontal.

El producto 2 primero es enfriado por anillos de aire y posteriormente por el aire impulsado por unos ventiladores. El mecanismo giratorio 1, cambia la posición de las mandíbulas receptoras y de los rodillos tensores, así como la tensión entre éstos, tiene sistema de medición y corte transversal.

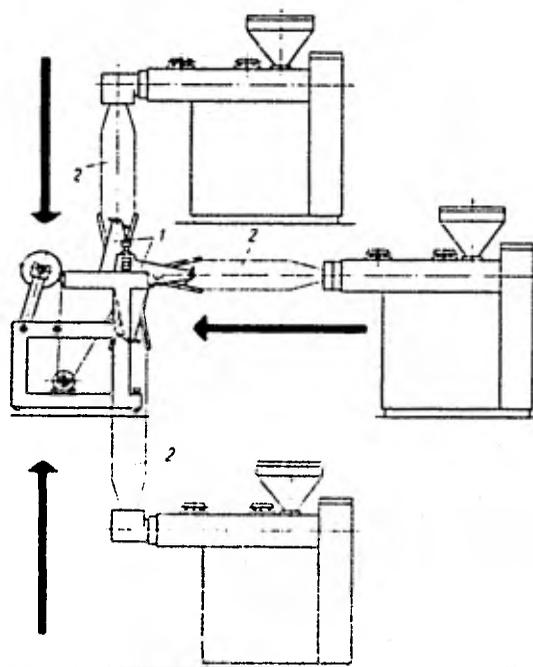


FIG. IV. 25. - RECOGEDOR UNIVERSAL DE PELICULA TUBULAR.

e). - Corte y Medición.

Generalmente para medir la longitud de un producto, se emplea un mecanismo basado en rodillos de medición. El producto al pasar entre los rodillos opera dicho mecanismo.

El corte puede ser longitudinal o transversal. El corte longitudinal se efectúa por medio de cuchilla fija para producto delgado y cuchilla rotatoria en productos más gruesos (placa).

Este sistema generalmente se emplea para cortar la orilla de productos extrudidos en forma de lámina, placa, película, película tubular y materiales planos recubiertos. La cuchilla se encuentra ubicada entre los rodillos jaladores en general. Fig. IV. 40, 6 posicionadas lateralmente a

la película. Fig. IV. 27.

El corte transversal se efectúa cuando un producto pasa de un carrete de enrollamiento lleno a uno vacío; también en el caso de tubos de diámetro grande, placas, perfiles gruesos lámina y en fin, todo producto que no permita ser enrollado, será necesario que se corte para su almacenamiento.

El corte generalmente es controlado por microswitchs o fotoceldas.

Para cortar tubo comunmente se usan sierras circulares o navajas giratorias del tipo viajeras. Fig. IV. 26, éstas viajan a la misma velocidad que el producto durante el corte para luego regresar y posicionarse en una longitud determinada e iniciar un nuevo corte.

En tubos de diámetro mayor se emplean sierras de disco de movimiento planetario.

En láminas y placas el corte se realiza por medio de una guillotina de movimiento neumático.

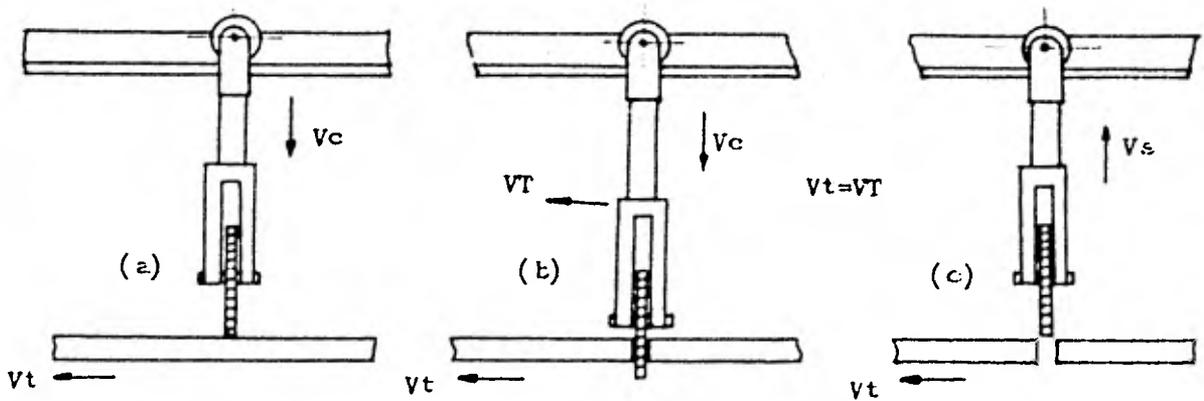


FIG. IV. 26. - REPRESENTACION DEL SISTEMA DE CORTE POR MEDIO-DE GRUAS VIAJERAS: a). - SE INICIA EL MOVIMIENTO - AL BAJAR LA SIERRA A LA VELOCIDAD V_c , b). - DURANTE EL CORTE LA GRUA VIAJA A LA VELOCIDAD V_T QUE DEBE SER LA MISMA QUE LA DEL TUBO V_t , c). - UNA VEZ CONCLUIDO EL CORTE LA GRUA SE RETIRA RÁPIDAMENTE V_s Y REGRESARA SOBRE SU RIEL PARA POSICIONARSE E INICIAR UN NUEVO CORTE.

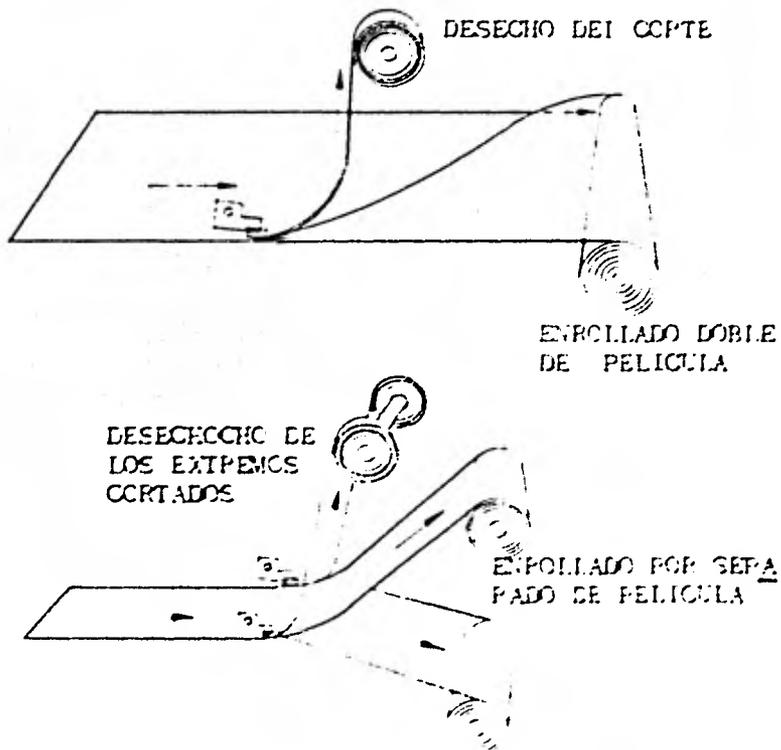


FIG. IV. 27. - CORTE DE PELICULA SOPLADA.

f). - Calibración de Tubos y Perfiles.

El método de calibración para éstos productos, siempre está asociado con el sistema de enfriamiento. En el caso del tubo, existen principalmente dos métodos de calibración: externo e interno. La selección de cualquiera de los métodos es función del uso que se le dará al producto. La calibración interna proporciona un tubo sin defectos internos que impidan el flujo de algún fluido dentro del mismo; una calibración externa proporciona mejor apariencia y sin defectos externos, situación ésta que podría ser útil en determinado momento.

TUBOS DE MEDIANO Y GRAN DIAMETRO.

Los métodos de calibración externa e interna aquí mencionados sólo se aplican a tubo de mediano y gran diámetro, ya que para tubo de 3/8" o menos sería difícil construir un calibrador de éstos tipos y cuyos resultados sean satisfactorios.

El calibrador externo se muestra en la Fig. IV.12, como se observa es de forma tubular cuyo interior debe ser perfectamente pulido.

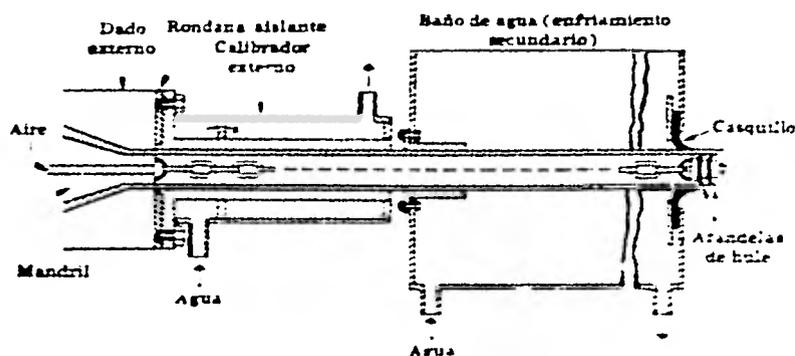


FIG. IV. 28. - CALIBRACION EXTERNA CON TAPON FLOTANTE Y CADENA.

Se encuentra rodeado de una camisa enfriadora por medio de agua. - Para calibrar el tubo el extremo inicial del mismo es sellado con un tapón - o por medio de presión, con ésto es posible inyectar aire presurizado continuamente a través de un mandril barrenado, con lo cual, la superficie exterior del tubo siempre estará en contacto con la superficie de enfriamiento - y calibración. La presión del aire varfa de 0.5 a 40 lb/in², dependiendo ésto del diámetro del tubo y viscosidad del material. En caso de producción - de tubo continuo (enrollado), el extremo inicial se puede sellar por compresión; cuando el tubo es en tramos (cortado), para sellar se usa un tapón flotante unido al mandril del dado por algún miembro flexible, por ejemplo - una cadena. Fig. IV. 28.

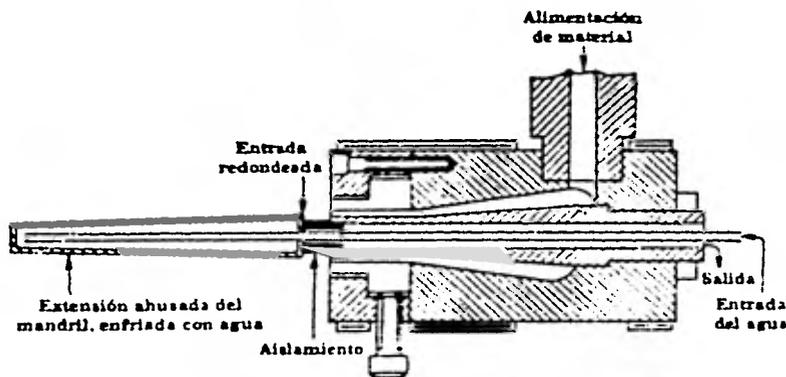


FIG. IV. 29. - CALIBRADOR INTERNO CON DADO DESCENTRADO.

El montaje del calibrador se hará de manera que exista la menor - transferencia de calor con el dado; es decir, alineado frente al dado de extrusión el cual podrá ser de paso directo, de cabeza cruzada o descentrada. Se recomienda que el calibrador sea lo más corto posible para evitar altasfricciones y grandes esfuerzos del mismo sobre el producto.

Para calibrar el tubo internamente será necesaria una extensión ahusada (de 0.1 mm por cada 25.4 mm de largo comunmente) del mandril y enfriado internamente con agua. Fig. IV. 29. Generalmente se usa con dados descentrados ya que en los dados de paso directo es difícil el enfriamiento del mandril. Al jalar el material extruído sobre el mandril, el primero tiende a encogerse con el enfriamiento, obteniéndose así una presión de calibración y el material adquiere la forma que le proporciona el mandril.

TUBOS DE DIAMETRO PEQUEÑO.

Este método es aplicable a tubos cuyo diámetro no exceda de 3/8" por las dificultades que presenta su tamaño reducido. El método más común es el estirado del producto a través de una serie de placas de formado, las cuales están construidas en bronce y contenidas en un baño de agua como se observa en la Fig. IV. 30.

El tamaño de los orificios de las placas es función de la relación de estiramiento y también del hueco de aire. En éste método es importante mantener tenso el producto para evitar deformaciones. También es necesario inyectar aire para mantener la estabilidad durante su paso por el hueco de aire.

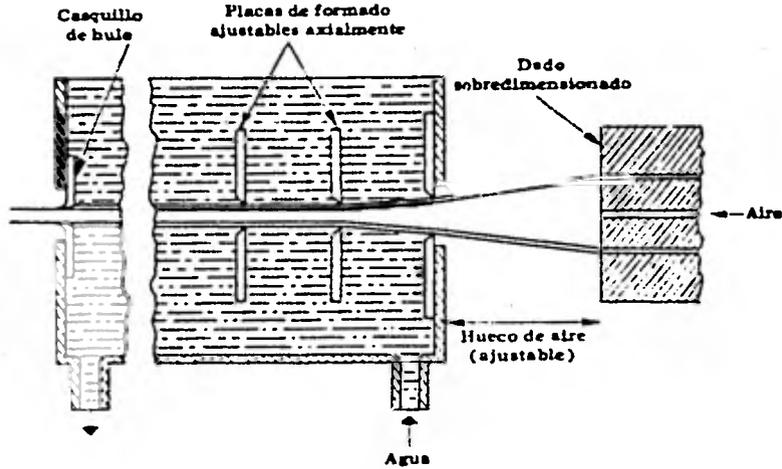


FIG. IV. 30. - ILUSTRACION QUE MUESTRA LA CALIBRACION DE TUBO PEQUEÑO.

PERFILES.

El método es similar al usado en tubo pequeño; el perfil se extruye en un dado sobredimensionado y se estira a través de una serie de placas de formado sumergidas en una tina de enfriamiento, sin embargo es necesario proporcionarle un enfriamiento primario adicional durante el hueco de aire, ya sea por medio de aire frío o rocío de agua.

IV. 4. - PROCESOS ESPECIFICOS DE EXTRUSION.

Con la descripción de los diferentes equipos usados en la extrusión ya es posible mostrar los arreglos básicos de éste equipo de extrusión en cada proceso específico, mencionando además los accesorios particulares que no se han citado hasta ahora.

a). - Recubrimiento de Alambre.

La Fig. IV. 31 contiene el equipo elemental para recubrimiento de alambre.

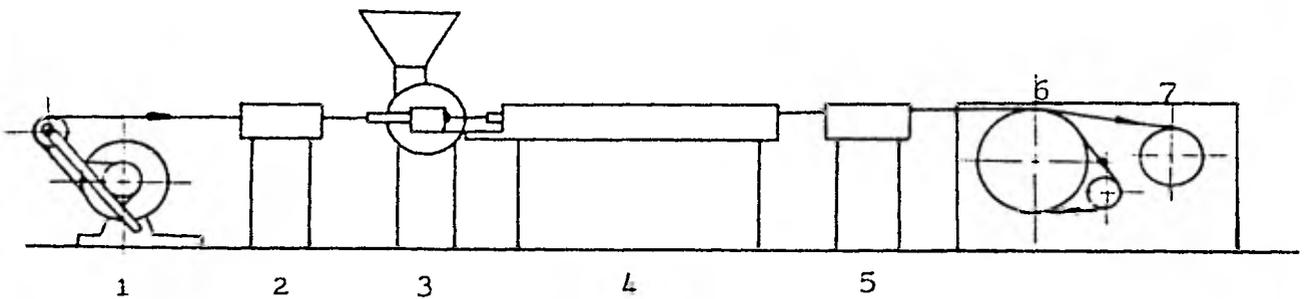


FIG. IV. 31. - DIAGRAMA DE UNA INSTALACION UTILIZADA PARA EL RECUBRIMIENTO DE CABLE.

El sistema consta de un alimentador 1, precalentador de alambre 2, extrusionadora 3, tina de enfriamiento 4, prueba de alta tensión 5, jalador 6 y enrollador 7.

El recubrimiento se hace a través de una matriz angular (90°).

El precalentamiento de alambre tiene como objetivo evitar un enfriamiento rápido del producto, evitando así la acumulación de esfuerzos que lo hace quebradizo a bajas temperaturas. La temperatura de calentamiento -

es un poco menor a la del plástico de recubrimiento. El calentado puede ser por consumo eléctrico en resistencias, calentadores de inducción a alta frecuencia o por calentadores de gas.

El aparato que realiza la prueba de alta tensión por arco tiene por objeto localizar partes del cable que no han sido recubiertas; en caso de encontrar fallas actúa una alarma y en ocasiones marcan los tramos de cable defectuosos, que serán reparados en otra operación. Esta prueba se realiza también deslizando el cable sobre un electrodo de alto potencial.

Como se observa éste arreglo utiliza para el recubrimiento una matriz angular a 90° .

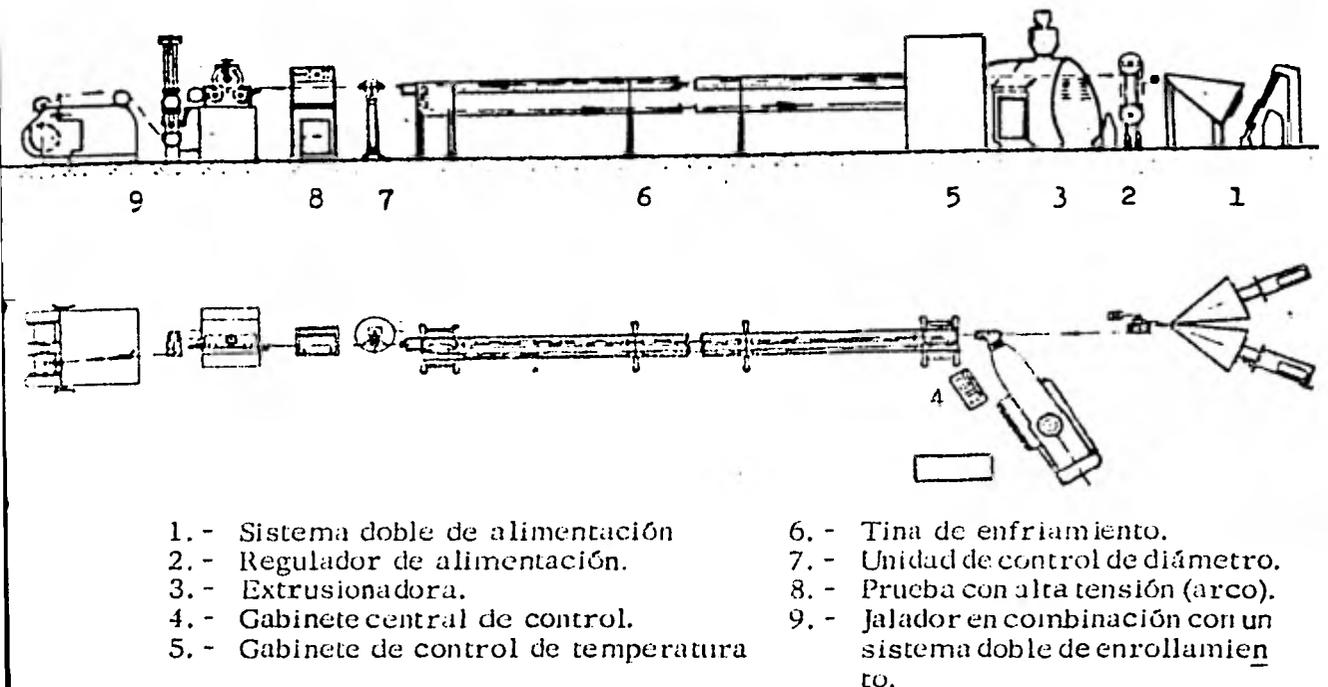


FIG. IV. 32. - PLANTA DE OPERACION CONTINUA PARA RECUBRIMIENTO DE ALAMBRE DE 1.5 mm DE DIAMETRO.

La Fig. IV. 32 muestra un arreglo equivalente. Un alimentador para carretes cónicos 1 (alambre de diámetro pequeño). Regulador de tensión por medio de poleas 2; consta de una polea fija y otra móvil, cuyo movimiento depende de la tensión del alambre. La extrusionadora 3 se ha dispuesto en diagonal con matriz angular a 135° para ahorrar espacio.

Cuenta con enfriamiento de doble tina 6 donde el producto es pasado hasta tres veces por el baño enfriador.

Tiene unidad de medición de diámetro 7. Puede ser eléctricamente al medir en forma contnua a la capacitancia del aislante; variaciones o irregularidades en el diámetro originan impulsos eléctricos que se envían a la transmisión del cabrestante (jalador) para efectuar correcciones necesarias variando su velocidad.

En éste caso se tiene un jalador 9 independiente del enrollador 10 de dos tamb ores. Entre el enrollador y jalador tiene un sistema de poleas tensoras que regulan la tensión del cable al moverse una de ellas en forma basculante; este movimiento esta conectado eléctricamente a la transmisión del enrollador para regular su velocidad. Las poleas tensoras también compensan los errores durante el cambio de tambor de enrollamiento.

La Fig. IV. 33 ilustra una instalación para recubrimiento de cable de diámetro grande. Cuenta con cabrestante doble 1 para rollos de alambre 2, alimentador de orugas 3, extrusionadora 4 en diagonal con matriz angular 5 a 135° , tina sencilla de enfriamiento 6, control de diámetro 7, jalador de orugas 8 y doble cabrestante 9 para enrollado 10.

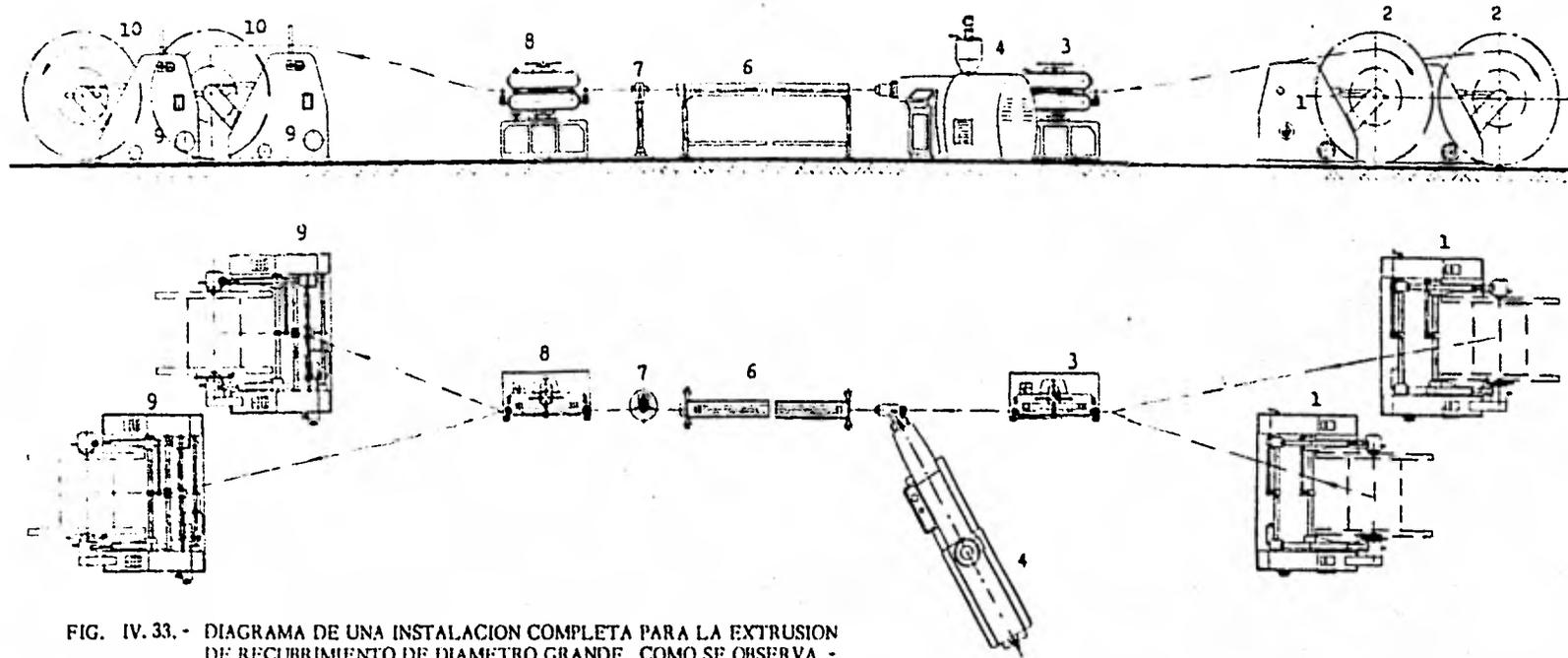


FIG. IV. 33. - DIAGRAMA DE UNA INSTALACION COMPLETA PARA LA EXTRUSION DE RECUBRIMIENTO DE DIAMETRO GRANDE. COMO SE OBSERVA - LA TINA DE ENFRIAMIENTO ES DE UN SOLO PASO, YA QUE NO ES FACTIBLE DOBLAR CABLE DE ESTAS DIMENSIONES PARA HACERLO PASAR POR DICHA TINA. EL USO DE JALADORES DE ORUGA ES DEBIDO A LOS GRANDES ESFUERZOS DE ESTIRADO QUE REQUIEREN - CABLES DE ESTAS DIMENSIONES.

En éste caso se ha usado alimentador y jalador de orugas debido a la dimensión del alambre manejado. La tina es sencilla ya que el cable de grandímetro no permite que sea pasado más veces.

En general se cuenta además con el equipo necesario para la impresión continua en el cable, para dar brillo con flama y transportadores de rodillos para productos pesados.

b). - Monofilamentos.

Los monofilamentos tienen un diámetro que varfa de 0.09 a 1.5 mm. Se extruyen a través de una matriz de múltiples orificios, dando forma cada uno de ellos a un filamento. El sistema de jalado es independiente para cada uno de ellos. Los rodillos guías en el estanque pueden variar su profundidad.

La Fig. IV.34 nos muestra arreglos para diferentes materiales. La dimensión de los orificios puede ser hasta 5 veces la del filamento. Para: a). - polietileno, los rodillos de inmersión 1 son motrices, el baño de estiramiento es con glicerina 2 y se realiza un templado 3. En b). - se cuenta con un sistema intermedio de jaladores 4, baño de inmersión 5, calentador de estirado 6 y calentador de templado 7; este proceso se aplica en polipropileno y nylon. Para Saran se tiene el arreglo c). - que cuenta con una unidad de estirado en frfo 9 después de un baño de inmersión 8.

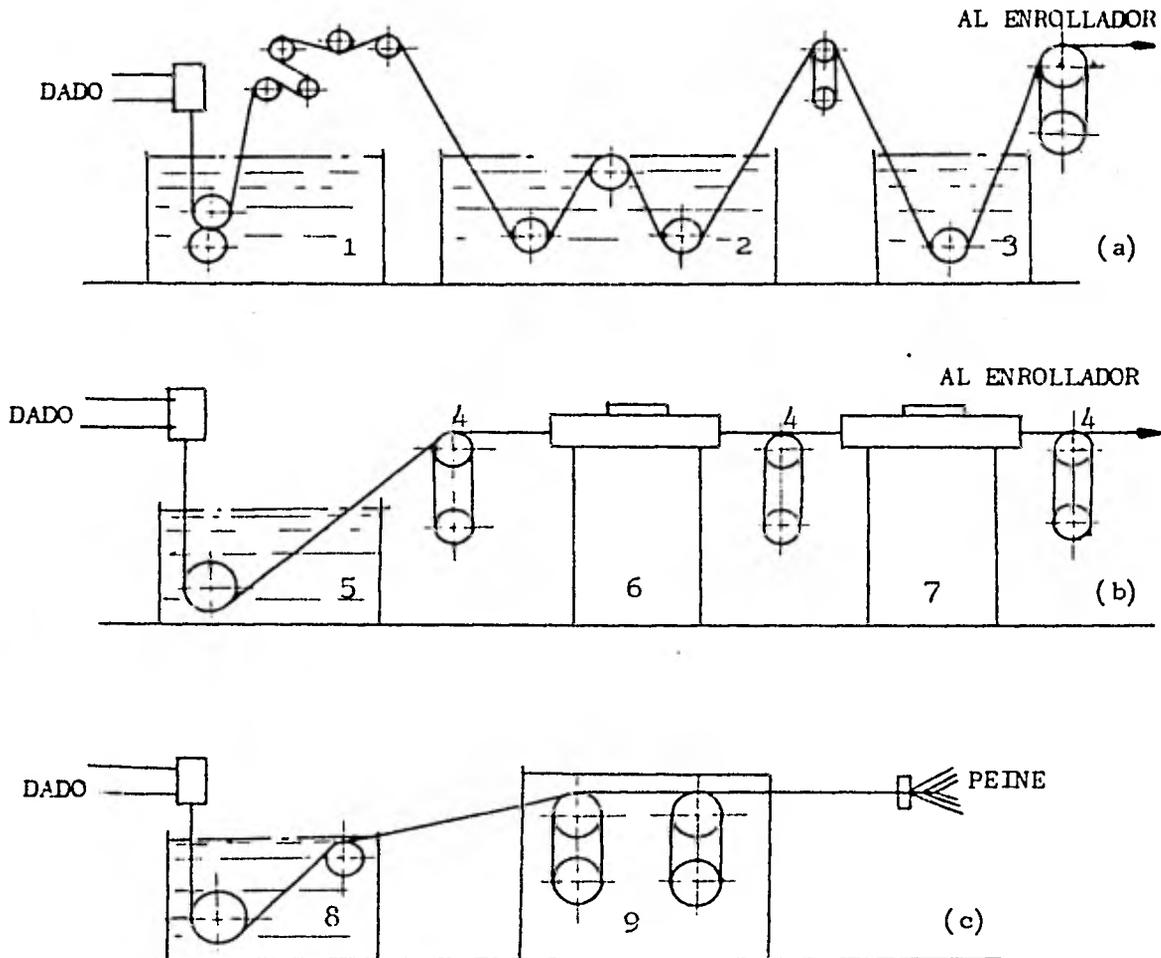


FIG. IV. 34. - a). - DIAGRAMA DE UNA LINEA DE MONOFILAMENTO - DE POLIETILENO,
 b). - DIAGRAMA DE UNA LINEA DE MONOFILAMENTO - DE POLIPROPILENO Y NYLON,
 c). - DIAGRAMA DE UNA LINEA DE MONOFILAMENTO - DE SARAN.

c). - Tubo Rígido y Flexible.

Esta instalación también sirve para varillas y perfiles.

La Fig. IV. 35 ilustra la extrusionadora 1, matriz cruzada (90°) 2,

enfriador con sus rodillos guías 3, jalador 4 y enrollador 5.

En éste caso el jalador se forma de un par de rodillos perfilados. ~

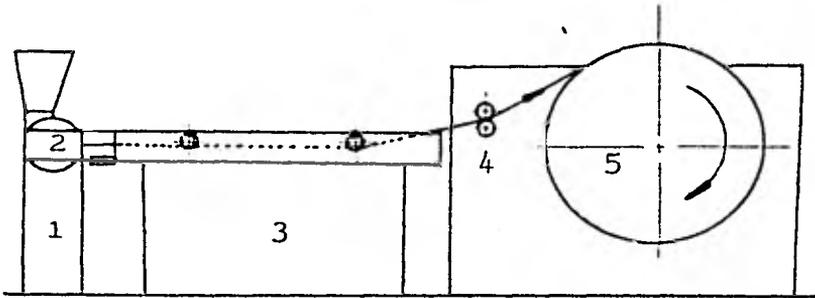


FIG. IV. 35. - DIAGRAMA DE UNA INSTALACION PARA LA EXTRUSION - HORIZONTAL DE TUBOS DE DIAMETRO PEQUEÑO.

La Fig. IV. 36 nos muestra un arreglo más completo para extrusión de tubos de diámetro mayor. Consta de extrusionadora 1, matriz recta 2 - (axial), calibrador 3, tina de enfriamiento 4, medidor longitudinal 5, jalador de orugas 6, corte transversal 7 y producto 8.

El jalador es de orugas debido a que el diámetro del tubo es grande. Como no es práctico enrollar tubo de éstas dimensiones, se corta en tramos comerciales para su almacenamiento, en carretillas de transporte.

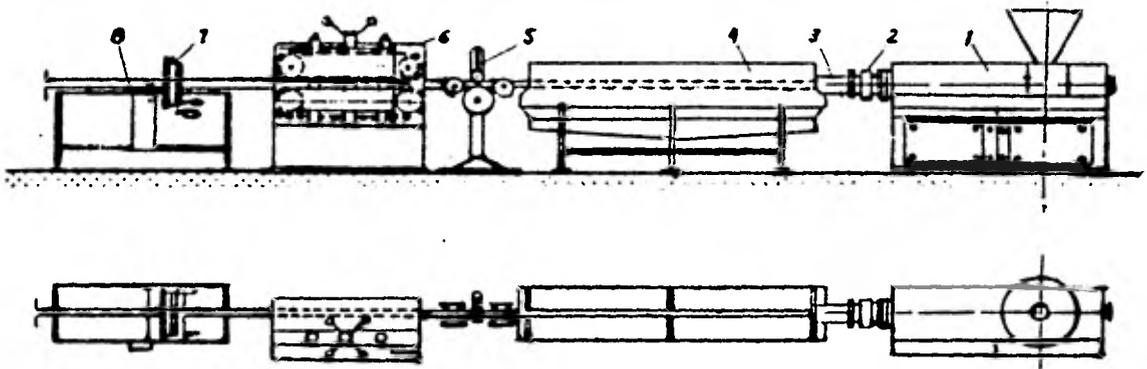


FIG. IV. 36. - INSTALACION PARA EXTRUSIONAR TUBOS DE MATERIAL TERMOPLASTICO CON HUSILLO DE 60 MM DE DIAMETRO.

Las variaciones de diámetro y deformaciones son detectadas por un medidor continuo de capacitancia. La corrección se realiza al variar la velocidad del jalador.

Para obtener tubo corrugado o flexible se usa el sistema mostrado - en la Fig. IV. 37. El tubo liso 2 que sale de la extrusora 1, pasa directamente a través de unas cadenas sinfin que se desplazan sobre las bandas 10. El tubo corrugado 8 se realiza por medio de los semimoldes 3 y 4, unidos entre sí por los ejes 7 y cojinetes 5 que forman las cadenas. La refrigeración es con el dispositivo 6. El movimiento se transmite con el tambor 9.

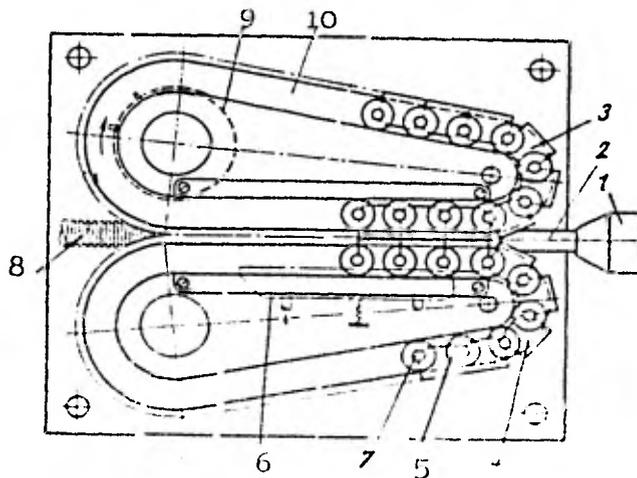


FIG. IV. 37. - ESQUEMA DEL DISPOSITIVO PARA MOLDEAR TUBOS ONDULADOS.

d). - Lámina y Placa.

Pueden lograrse de 0.75 mm a 6 mm de espesor, lisas u onduladas. Según Fig. IV.38 a, para lámina lisa, el arreglo consta de extrusionadora 1, matriz plana 2, rodillos alisadores 3, cortador longitudinal 4, transportador 5, jalador 6, cortador transversal 7, recogedor 8 sobre un carro de transporte 9.

La finalidad de los rodillos alisadores es de enfriar, enderezar y alisar el producto. Estan refrigerados por agua y tienen un diseño interno para permitir la máxima transferencia de calor. Tienen temperatura controlada independientemente. Se presionan entre sí por medio de un mecanismo hidráulico.

Para la ondulación longitudinal, según la Fig. IV.38 b se requiere de un calentador 10 y rodillos de forma 11. Tiene además de una cuchilla 12 para cortar la orilla en forma longitudinal.

La Fig. IV.38 c, muestra la instalación para el ondulado transversal. Después de los rodillos alisadores pasa por el calentador. La forma se le da con la banda 13, con rodillos formadores que al girar le sirven además de jalador. Finalmente es recogido en el enrollador 14.

Generalmente los dos primeros rodillos alisadores están a alta temperatura para evitar que el material se pegue. En el tercer rodillo es donde realmente se enfría el producto.

En el caso de lámina lisa y ondulada longitudinal el corte se realiza con una guillotina accionada neumáticamente y controlada por microswitches

o fotoelementos.

La medición del espesor puede ser con medios mecánicos, ópticos o rayos β , de los cuales el método óptico es satisfactorio y menos costoso.

Cuenta además con eliminadores de estática, el cual es un tratamiento eléctrico de alta frecuencia.

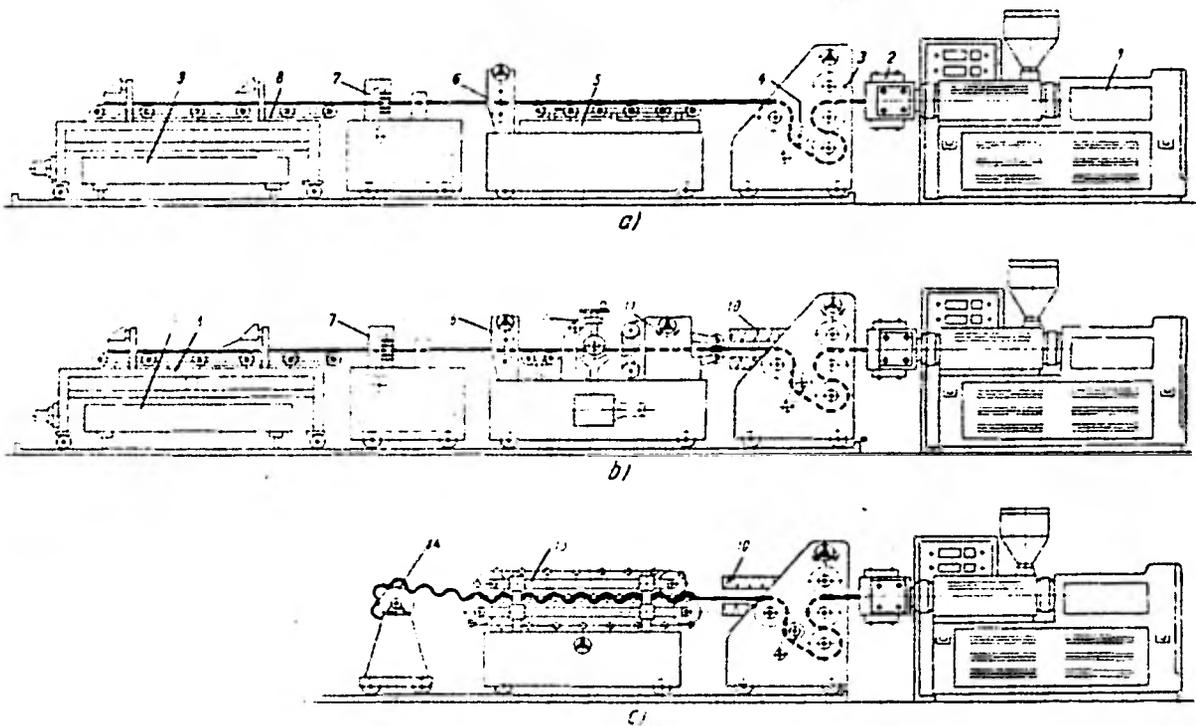


FIG. IV. 38. - INSTALACION PARA FABRICAR LAMINAS DE MATERIAL - TERMOPLASTICO: a). - LISAS; b). - CON ONDULACION - LONGITUDINAL; c). - CON ONDULACION TRANSVERSAL.

e). - Película y Hoja.

Existen dos métodos: el directo e indirecto.

En el primer caso la película (hasta 75 mm) es extruída por medio -

de una matriz plana; en el segundo caso se usa matriz para tubo recto ó angular, se infla, se aplanada y finalmente se enrolla.

METODO DIRECTO.

La Fig. IV. 39 muestra el arreglo elemental del equipo. La extrusión generalmente se realiza hacia abajo, por medio de una matriz plana 1, cae en forma vertical en el estanque de enfriamiento 2 donde es sumergido por el zapato guía 3. Cuenta con dos pares de rodillos jaladores 4 y tensores 6, con rodillo de corte longitudinal intermedio a éstos. Finalmente el producto se enrolla en un sistema doble de tambores 7.

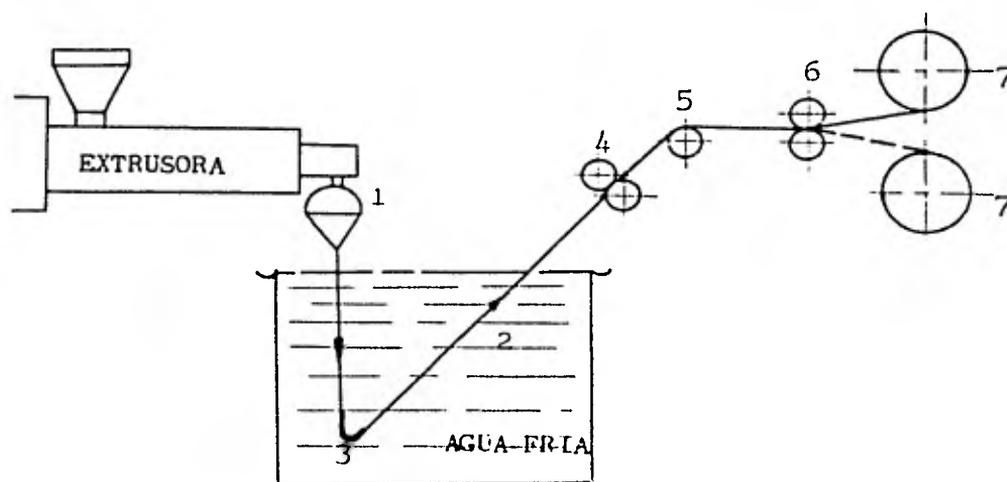


FIG. IV. 39. - REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UNA INSTALACION PARA EXTRUSION DE PELICULA CON UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR MEDIO DE ESTANQUE.

En forma alternativa existe el arreglo mostrado en la Fig. IV. 40. - Cuenta con matriz plana 1, enfriamiento por rodillos 2, rodillos de corte 3, jaladores 4 y finalmente el sistema de enrollado 5. La elección del arreglo es función del material que se maneja. Generalmente se cuenta con equipo eliminador de carga estática.

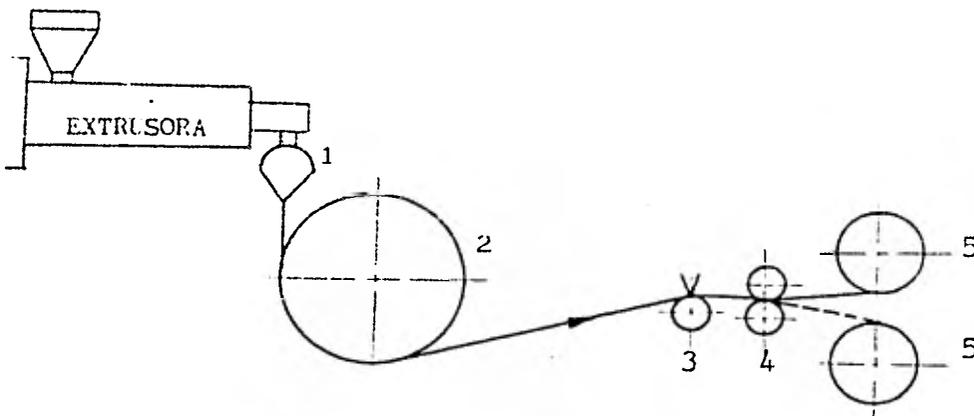


FIG. IV. 40. - INSTALACION PARA LA EXTRUSION DE PELICULA CON UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR MEDIO DE RODILLOS ENFRIADORES.

METODO INDIRECTO.

Con el método indirecto se produce película tubular. La extrusión puede realizarse hacia arriba, abajo y en forma horizontal, de acuerdo a la dirección en que sale la película.

La extrusión horizontal se efectúa con una máquina en posición horizontal y una matriz recta para tubo. Aquí la máquina y el sistema de retiro se encuentran en un mismo nivel. La película sufre ligeras distorsiones de

bido a efectos gravitacionales.

La extrusión hacia arriba puede ser con extrusionadoras horizontales y verticales. En el primer caso se usa una matriz (para tubo) angular a 90° . En el otro caso se cuenta con una matriz recta para tubo. En éste arreglo la extrusionadora está en el nivel del piso y el sistema recogedor normalmente se encuentra soportado sobre una estructura metálica en un nivel superior.

Cuando el proceso de extrusión es hacia abajo, se usa extrusionadora horizontal con matriz angular (a 90°) para tubo. Ahora es la extrusionadora la que se encuentra en nivel superior ya sea en una plataforma o estructura; el sistema recogedor está sobre el nivel del piso.

La Fig. IV. 41 muestra la extrusión horizontal. Consta de anillo de refrigeración 1, mandíbulas ajustables 3, rodillos tensores 4, enrolladores 6, dispositivo 5 que hace girar alternativamente los rodillos tensores y mandíbula por medio del accionamiento 7.

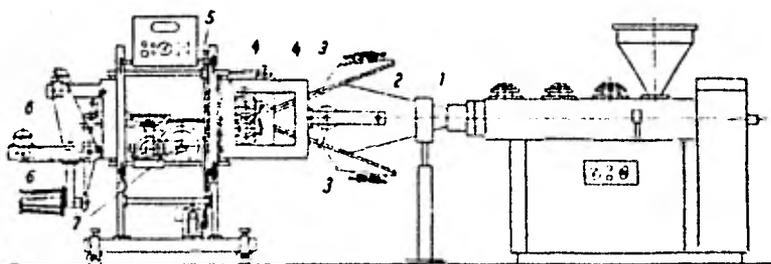


FIG. IV. 41. - INSTALACION DE SOPLADO HORIZONTAL CON DISPOSITIVO RECOGEDOR OSCILANTE.

Las Fig. IV. 42 a) y b) muestran la instalación para películas tubula -

res por soplado en forma vertical y horizontal, ambas con sistemas oscilantes. Consta de anillo de refrigeración 1, rodillos plegadores 2, jaladores 3, enrollador 4.

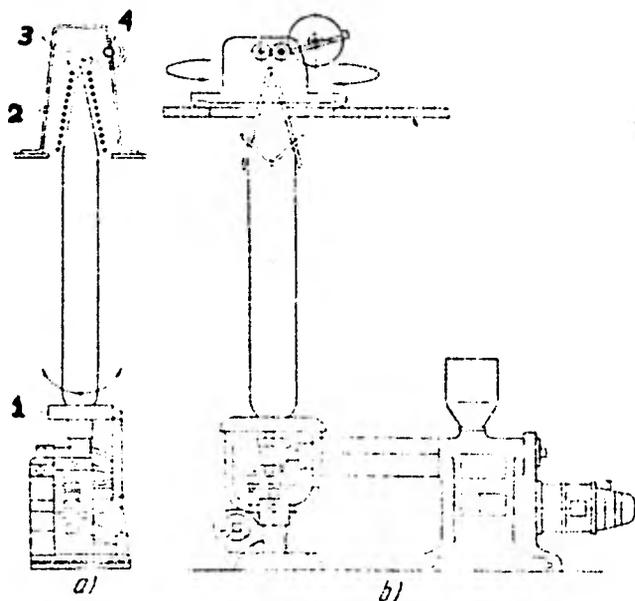


FIG. IV. 42. - INSTALACION PARA FABRICAR PELICULAS TUBULARES: a). - CON EXTRUSIONADORA OSCILANTE; b). - CON RECOGEDOR OSCILANTE.

f). - Recubrimiento de Materiales Planos.

Puede aplicarse recubrimiento aislante sobre papel para impermeabilizar, imitación de cuero, placas metálicas, mallas de alambre, telas.

El recubrimiento se realiza al hacer pasar a través de los rodillos laminadores, el producto extruído junto con el material de base.

La Fig. IV. 43 muestra el arreglo. Consta de matriz plana 1, alimentador de material a recubrir 2, rodillo de presión 3 recubierto con goma, rodillo enfriador 4 con superficie perfectamente pulida y enrollador 5.

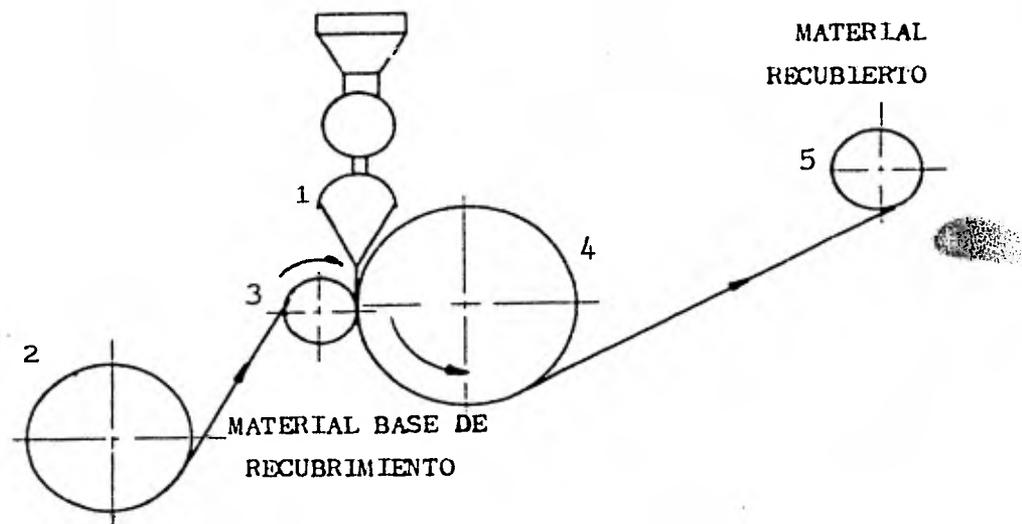


FIG. IV. 43. - ARREGLO QUE MUESTRA LA INSTALACION PARA RECUBRIMIENTO DE PAPEL O TEJIDOS CON MATERIAL TERMOPLASTICO.

En la actualidad se ha extendido mucho el uso de papel recubierto por ambas caras en la industria alimenticia. La Fig. IV. 44 ilustra el arreglo del equipo necesario. Cuenta con sistemas doble de extrusoras 5 y 10, laminadoras 6 y 11, alimentador 2, regulador de tensión por medio de poleas 3, precalentador de rodillos 4. El primer recubrimiento se efectúa en la laminadora 6 con el material extruído en 5. La capa es enfriada con los rodillos 8 pasando posteriormente al segundo recubrimiento en 11 con el material de 10.

El corte longitudinal se realiza con las cuchillas 9 y finalmente se enrolla en el cilindro 12. El material base de recubrimiento 1 es alimentado por medio de 2.

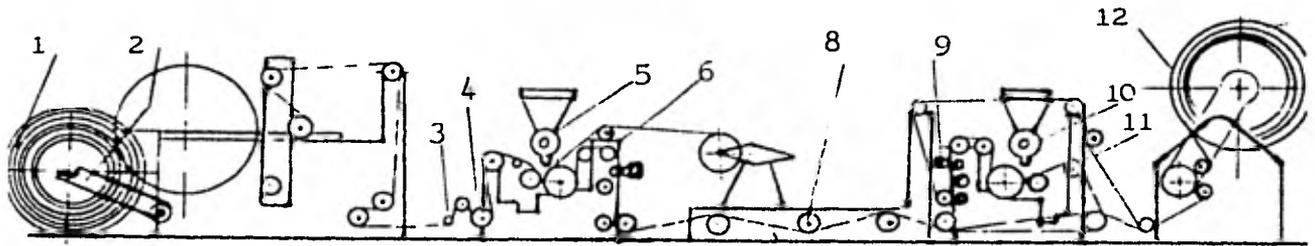


FIG. IV. 44. - LINEA DE FABRICACION PARA APLICAR RECUBRIMIENTOS BILATERALES.

CAPITULO V

DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS.

V. I. - GENERALIDADES.

Hasta ahora se ha hablado de las características de la materia prima, extrusor y de los accesorios que son necesarios conjuntar para poder efectuar el proceso de extrusión y obtener un producto adecuado; por lo mismo y debido a su gran importancia, este capítulo será dedicado a la descripción del herramental empleado, básicamente, para dar forma al producto extruído o sea los Datos o Matrices. Se tratarán además aspectos como son: Materiales y Procesos para fabricarlos, Diseño de Datos y Tipos de Datos comerciales que mayor demanda tienen en la Industria, todo con el fin de entender el trabajo que realizan sobre el material termoplástico y la influencia que tienen en la calidad del producto extruído.

V. 2. - DESCRIPCION DE UN DADO O MATRIZ PARA EXTRUSION.

El dado o Matríz es un conjunto de piezas mecánicas: placas, tornillos, etc., maquinados, tallados y ensamblados entre sí y que tienen como objetivo el dar forma, tamaño y perfil al producto extruído. En forma general, son un canal cuyo perfil cambia a lo largo de toda su longitud.

Los Dados o Matrices pueden estar construídos por una o varias piezas dependiendo del producto que se vaya a obtener y la máquina que se vaya a emplear. Es importante tener un adecuado control de temperatura en el Dado para no crear gradientes de temperatura que ocasionen pérdidas de brillo, material quebradizo y obstrucciones en los canales de pasaje del Dado o Matríz.

V. 3. - MATERIALES EMPLEADOS PARA FABRICAR DADOS O MATRICES.

Para el proceso de extrusión son indispensables dados de gran calidad, con una elaboración muy precisa y que deben presentar gran duración. Por lo general se fabrican de Acero, aunque para pruebas piloto o corridas de material no muy largas, pueden elaborarse de metales no férricos o bien de materiales de colada obtenidos galvánicamente; en el futuro quizá se construyan de materiales cerámicos. A continuación presentamos algunos materiales y propiedades que son utilizados en la fabricación de dados o matrices, enfocando nuestra atención al estudio del Acero por ser el material de mayor demanda.

Los tipos de acero empleados para elaborar dados o matrices son, principalmente:

- a). - Aceros aleados.
- b). - Aceros inoxidables.

Los requerimientos para un acero son los siguientes:

a). - Pureza. - Un buen dado de acero no debe contener inclusiones que puedan causar porosidades cuando se pula.

b). - Maquinabilidad. - Depende de la dureza y de la microestructura del acero y es la capacidad que tiene el acero para poder transformarse mediante el uso de máquinas.

c). - Esfuerzo y Tenacidad. - El acero debe ser capaz de resistir distorsiones, y tener una superficie dura.

- d). - Dureza. El acero debe ser capaz de adquirir la dureza deseada mediante tratamientos térmicos, uniformidad y superficie brillante.
- e). - Resistencia a la Temperatura, a la Abrasión, aptitud para el pulido y compresión.
- f). - Conductividad Térmica adecuada.
- g). - Resistencia al uso.- Característica necesaria para todo tipo de acero empleado para fabricar dados.
- h). - Resistencia a los ataques químicos y corrosivos.
- i). - Terminado. - Todos los dados deben pulirse a espejo.

Selección del Acero:

- a). - Acero de bajo contenido de carbono (menos del 0.20% de C). Los productos elaborados con este material, por lo general se utilizan para marcadores. Presentan como desventaja la pérdida de esfuerzo físico cuando se endurece; pueden provocar rupturas cuando se somete a presiones altas.
- b). - Acero de medio contenido de carbono (de 0.20% a 0.60% de C). - Exclusivamente empleado para armaduras o estructuras, ejem. SAE 1020.
- c). - Acero para herramientas. Los productos principales que se obtienen son de tres clases: endurecidos con agua, con aceite o endurecidos con aire. Son productos fáciles de maquinar (no se deforman bajo presión ni se distorsionan), y en general son recomendables. Cuando se necesita obtener una superficie más dura, es mejor utilizar aceros nitrurados.
- d). - Aceros aleados. En estos tipos de aceros, el % de Carbono se reduce con el fin de agregar otros elementos para mejorar o dar origen a -

nuevas propiedades. La siguiente lista presenta los elementos que se pueden agregar y las propiedades que se pueden obtener:

<u>ELEMENTO</u>	<u>PROPIEDAD</u>
Silicio	Dureza
Carbono	Agente Endurecer
Magnesio	Desoxidante
Níquel	Tenacidad
Cromo	Dureza y protección contra la oxidación
Vanadio	Purificador
Molibdeno	Templabilidad y abaratamiento
Tungsteno	Dureza y resistencia al calor

e). - Acero Inoxidable. Dentro de la fabricación de dados, el acero inoxidable es lo más recomendable. Pueden ser utilizados en altas presiones y por su composición evitan problemas de corrosión causadas por el desprendimiento de ácido clorhídrico o ácido acético del PVC. Poseen bajo contenido de carbono y pueden tener del 12 - 14% de Cromo.

AISI tiene 400 series de Acero Inoxidable, de estas el tipo 420 es la que más se utiliza, puede obtener una dureza, por tratamiento térmico de 40 - 50 RC.

f). - Aceros de Cementación. Los dados o matrices se fabrican en un

80% con este tipo de material, son resistentes a la abrasión y a los esfuerzos alternativos y bruscos.

g). - Aceros Bonificados. Son empleados para fabricar dados o matrices de grandes dimensiones; poseen reducida resistencia a la abrasión y deben ser cromados.

h). - Aceros de Nitruración. Los dados o matrices fabricados con estos materiales tienen elevada dureza superficial, tenacidad y resistencia a la corrosión mejorada por la adición de aditivos (Cr, Al, Mb, V, etc.), ya que estos forman nitruros (dureza superficial de 700-1300 HV); es necesario pu-
ir.

A continuación presentamos una lista de algunos tipos comerciales de Aceros empleados en la Industria para fabricar Dados; estos datos fueron tomados de catálogos proporcionados por proveedores y de algunos libros técnicos:

ELEMENTO (%)

TIPO	C	Mn	Si	W	Mo	Cr	V	Co
Aceros para trabajo en caliente, Aceros Fortuna.								
WA 530	0.30	-	-	4.5	-	2.5	0.60	-
MOG 330	0.32	-	-	-	3.00	3.0	0.60	-
MOG 511	0.37	-	1.00	1.5	1.50	5.0	0.30	-
XW 41	1.55	0.25	0.30	-	0.80	12.0	0.80	-

Clasificación de Aceros para Herramientas, Tipo AISI.

ACEROS DE ALTA VELOCIDAD PARA HERRAMIENTAS
 Tipo Molibdeno, Símbolo "M"

TIPO	C	Mn	Si	W	Mo	Cr	V	Co
M1	.80	--	--	1.50	8.00	4.00	1.00	—
M2	.85	--	--	6.00	5.00	4.00	2.00	--
M3 Clase 1	1.05	--	--	6.00	5.00	4.00	2.40	--
M3 Clase 2	1.20	--	--	6.00	5.00	4.00	3.00	--
M4	1.30	--	--	5.50	4.50	4.00	4.00	--
M6	.80	--	--	4.00	5.00	4.00	1.50	12.00
M7	1.00	--	--	1.75	8.75	4.00	2.00	--
M10	.90	--	--	----	8.00	4.00	2.00	--
M15	1.50	--	--	6.50	8.50	4.00	5.00	5.00
M30	.80	--	--	2.00	8.00	4.00	1.25	5.00
M33	.90	--	--	1.50	9.50	4.00	1.15	8.00
M34	.90	--	--	2.00	8.00	4.00	2.00	8.00
M35	.80	--	--	6.00	5.00	4.00	2.00	5.00
M36	.80	--	--	6.00	5.00	4.00	2.00	8.00

Tipo Tugsteno, Símbolo "T"

T1	.70	--	--	18.00	--	4.00	1.00	--
T2	.80	--	--	18.00	--	4.00	2.00	--
T4	.75	--	--	18.00	--	4.00	1.00	5.00
T5	.80	--	--	18.00	--	4.00	2.00	8.00
T6	.80	--	--	20.00	--	4.50	1.50	12.00
T7	.75	--	--	14.00	--	4.00	2.00	--
T8	.75	--	--	14.00	--	4.00	2.00	5.00
T9	1.20	--	--	18.00	--	4.00	4.00	--
T15	1.50	--	--	12.00	--	4.00	5.00	5.00

ACEROS PARA TRABAJO EN CALIENTE
Tipo Cromo, Símbolo "H"

TIPO	C	Mn	Si	W	Mo	Cr	V	Co
H10	.40	--	--	--	2.50	3.25	.40	--
H11	.35	--	--	--	1.50	5.00	.40	--
H12	.35	--	--	1.50	1.50	5.00	.40	--
H13	.35	--	--	--	1.50	5.00	1.00	--
H14	.40	--	--	5.00	--	5.00	----	--
H16	.55	--	--	7.00	--	7.00	----	--
H19	.40	--	--	4.25	--	4.25	2.00	4.25

Tipo Tungsteno, Símbolo "H".

H20	.35	--	--	9.00	--	2.00	----	--
H21	.35	--	--	9.00	--	3.50	----	--
H22	.35	--	--	11.00	--	8.00	----	--
H23	.30	--	--	12.00	--	12.00	----	--
H24	.45	--	--	15.00	--	3.00	----	--
H25	.25	--	--	15.00	--	4.00	----	--
H26	.50	--	--	18.00	--	4.00	1.00	--

Tipo Molibdeno, Símbolo "H"

H41	.65	--	--	1.50	8.00	4.00	1.00	--
H42	.60	--	--	6.00	5.00	4.00	2.00	--
H43	.55	--	--	--	8.00	4.00	2.00	--

ACEROS PARA USOS ESPECIALES
Baja aleación, Símbolo "L"

TIPO	C	Mn	Si	W	Mo	Cr	V	Co	Ni
L1	1.00	--	--	--	--	1.25	--	--	--
L2	.50/1.10**	--	--	--	--	1.00	.20	--	--
L3	1.00	--	--	--	--	1.50	.20	--	1.50
L6	.70	--	--	--	.25*	.75	--	--	--
L7	1.00	.35	--	--	.40	1.40	--	--	--

Tipo Carbón-Tungsteno, Símbolo "F"

F1	1.00	--	--	1.25	--	--	--	--	--
F2	1.25	--	--	3.50	--	--	--	--	--
F3	1.25	--	--	3.50	--	.75	--	--	--

Para complementar lo expuesto en este capítulo, es conveniente hacer notar que para producciones piloto o bien para corridas pequeñas de material termoplástico, pueden utilizarse Datos elaborados con Bronce, con Aceros de bajo contenido de Carbono (ejem. SAE 1010), con aleaciones Cobre-Berilio (97.5% de Cu + 2.5% de Be) o bien elaborados con aleaciones a base de Zinc; obviamente, al obtener los resultados deseados, los Datos se duplicarán en Acero. Es recomendable que los Datos o Matrices fabricados tengan sus superficies pulidas y que esté protegida, la superficie que estará en contacto con el plástico, contra los ataques químicos provocados por los elementos que componen el termoplástico; de ahí que la selección del Acero estará ínti-

mamente ligada con las características del Termoplástico a procesar (Viscosidad, Dureza, Conductividad térmica, etc) y con las características de la máquina extrusora (velocidad, flujo, presión, temperatura, etc.) parámetros que nos ayudarán a seleccionar el material más adecuado para la fabricación del Dado para Extrusión.

V. 4. - PROCESOS DE FABRICACION DE DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION.

En la fabricación de Dados intervienen diferentes procesos, los cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

A). - Elaboración con arranque de viruta: Se refiere a aquellos procesos que utilizan herramientas de corte para remover material.

B). - Elaboración por desplazamiento de metal: En estos procesos se emplean fuerzas mecánicas, eléctricas o químicas para desplazar metal. No utiliza herramientas de corte.

C). - Elaboración por depositación de Metal: Son aquellos procesos en los cuales se emplea una pieza patrón sobre o alrededor de la cual el metal se deposita hasta obtener una forma igual al patrón utilizado.

A continuación se desglosan los procesos en forma general dando una lista de los procesos empleados e ilustrados con figuras para una mejor comprensión.

MAQUINADO CON ARRANQUE DE VIRUTA

Aproximadamente el 85 - 90% de los dados empleados en el proceso de Extrusión pueden obtenerse por arranque de viruta. En este tipo de fabricación intervienen las siguientes máquinas herramientas como:

Torno, Fresadoras, Cepillos, Rectificadoras, Pulidoras, Taladros, Duplicadoras, Pantógrafos, etc.

En las siguientes figuras mostramos algunas de las máquinas que se

emplean para la máquina Dianos o Murres - por arrancar el viruto.

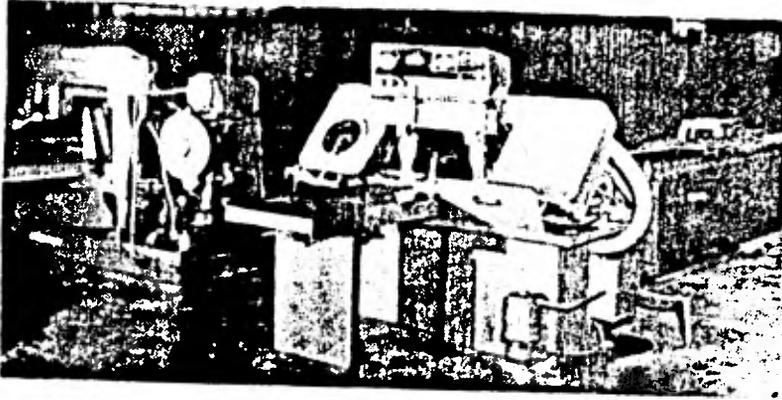


FIG. V. 1. - CORTADORA DE METAL. NOTESE EL PANEL DE CONTROL - ARRIBA DE LA SIERRA CORTADORA. ESTA MAQUINA SE EMPLEA PARA CORTAR BLOQUES DE ACERO QUE SE EMPLEAN PARA ELABORAR DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION.

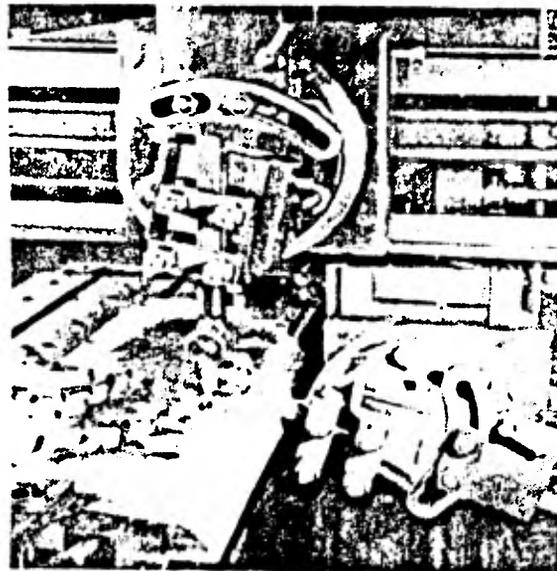


FIG. V. 2. - ASPECTO FISICO DE UN CEPILLO EN EL MOMENTO DE ESTAR REMOVIENDO METAL DE UN BLOQUE DE ACERO HACIENDO USO DE DOS HERRAMIENTAS DE CORTE (BURILES).

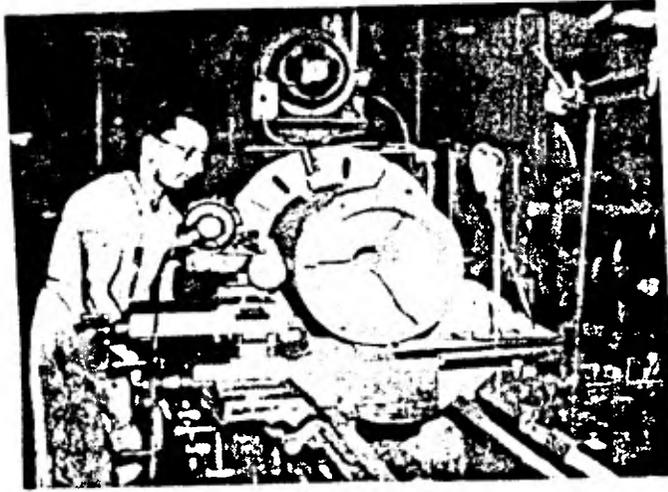


FIG. V. 3. - TORNO. EL TORNO ES UNA DE LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS QUE MAYOR USO TIENEN EN LA ELABORACION DE PARTES. EN ESTA FIGURA SE MUESTRA EL MAQUINADO DE UNA PIEZA DE ACERO.

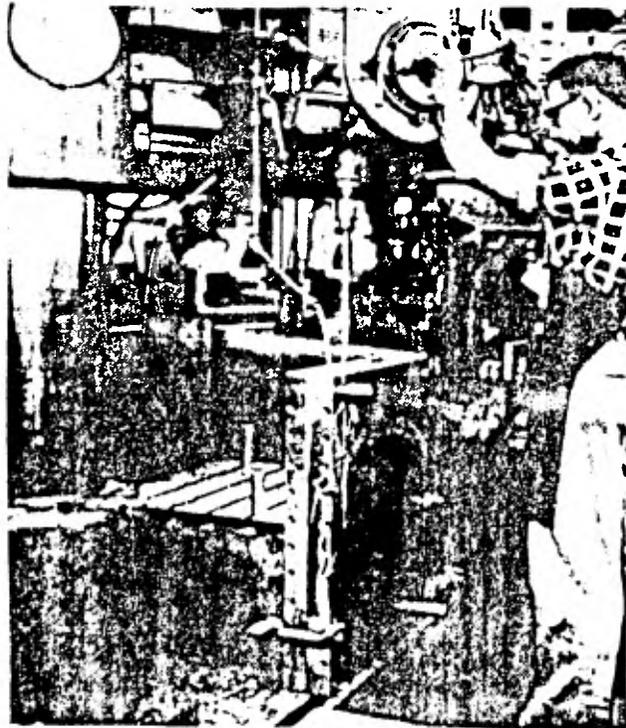


FIG. V. 4. - TALADRO. EN ESTE MOMENTO EN QUE SE ESTA TRABAJANDO ES DE ACERO; ESTA MAQUINA ES OTRO TIPO DE MAQUINA PARA ARRANQUE DE VERTICAL.



FIG. V. 5. - FRESADORA. ESTE EQUIPO TAMBIEN FORMA PARTE DE LOS EMPLEADOS PARA ARRANCAR VIRUTA EN MATERIALES USADOS PARA FABRICAR DADOS O MATRICES.

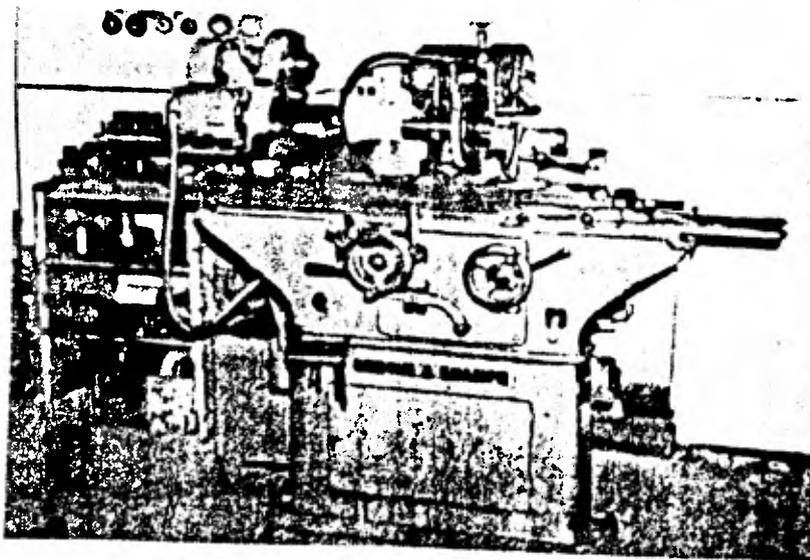


FIG. V. 6. - RECTIFICADORA. EMPLEADA PARA DAR A LOS DADOS O MATRICES LAS TOLERANCIAS EN DIMENSIONES QUE PIDA EL DISEÑO. CON ELLA SE ASEGURA QUE LAS DIMENSIONES OBTENIDAS EN LA FABRICACION CUMPLEN CON LO PEDIDO.

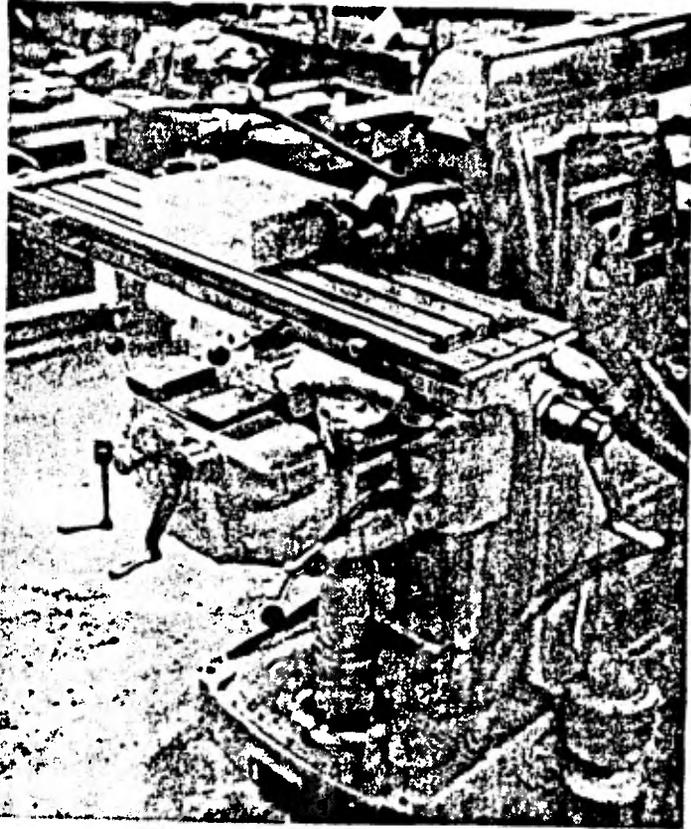


FIG. V. 7. - PULIDORA. MAQUINA UTILIZADA PARA DAR ACABADO SUPERFICIALES FINOS QUE ASEGUREN QUE LA CALIDAD DEL PRODUCTO EXTRUIDO OBTENIDO ES ADECUADO A LAS NECESIDADES DEL CONSUMIDOR.

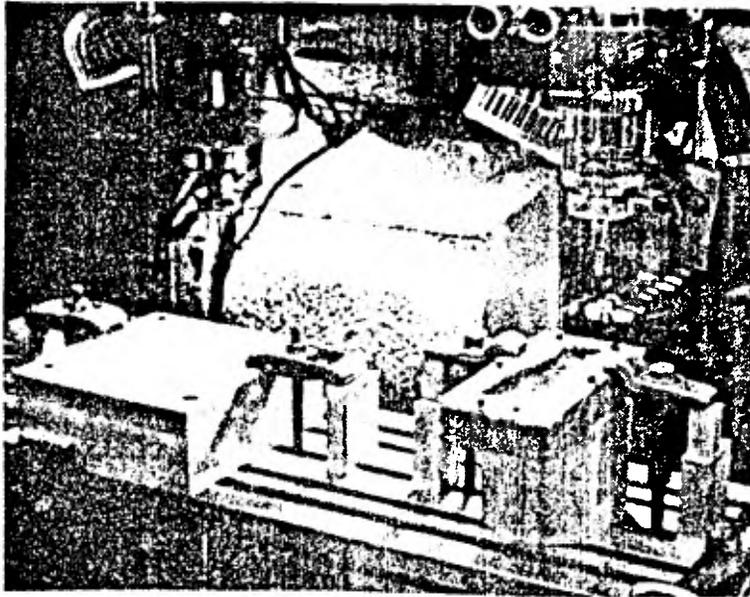


FIG. V. 8. - DUPLICADOR. OBSERVESE A LA DERECHA EL MOLDE A DUPLICAR; ES UN DUPLICADOR TRIDIMENSIONAL Y QUE PUEDE SER MANEJADO MANUALMENTE.

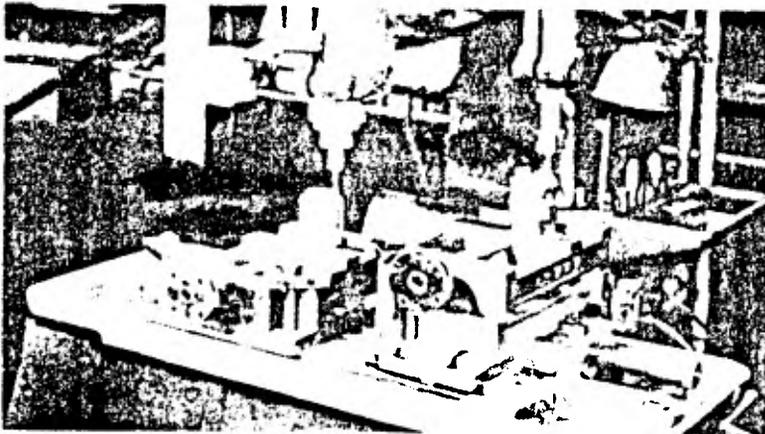


FIG. V. 9. - DUPLICADOR. EN ESTA FIGURA SE MUESTRA LA HERRAMIENTA DE CORTE ACTUANDO SOBRE LA PIEZA A DUPLICAR A LA DERECHA ESTÁ EL PATRÓN UTILIZADO.



FIG. V. 10. - CORTADORA DE PERFILES QUE OPERA AUTOMATICAMENTE, PUEDE CORTAR SECCIONES LARGAS DE BLOQUES DE ACERO.

ELABORACION POR DESPLAZAMIENTO DE METAL

Procesos utilizados para elaborar y dar características finales a Dados o bien elaborar aquellos que no se puedan obtener por arranque de viruta. Dentro de estos procesos podemos citar:

- Estampado.
- Troquelado.
- Embutido.
- Electroerosión.
- Erosión química (empleando soluciones ácidas o alcalinas para colocar letras, sellos, emblemas, números, etc. en el Dado).

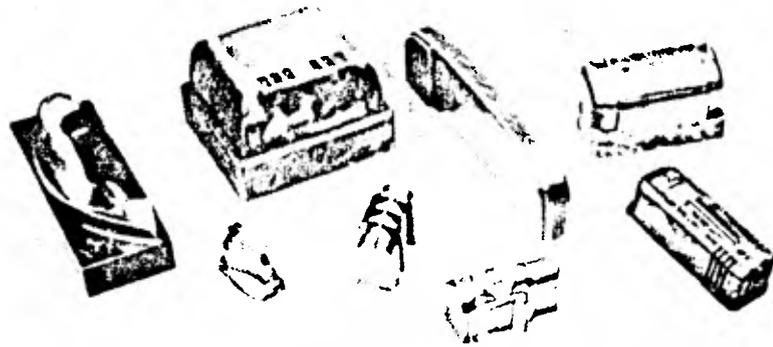


FIG. V. 11. - ESTOS SON ALGUNOS DE LOS PUNZONES EMPLEADOS PARA DAR FORMA A LOS DADOS O MATRICES; COMO SE OBSERVA, LA FORMA DE ELLOS DEPENDERA DE LO QUE SE DESEE OBTENER. POR LO GENERAL SE UTILIZAN EN EL PROCESO DE ESTAMPADO O EMBOTIDO.

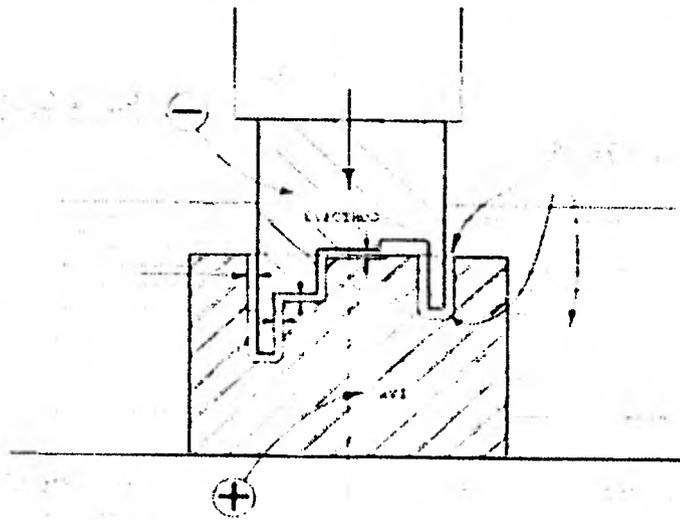


FIG. V. 12. - PRINCIPIOS DE LA ELECTROEROSION.

Para efectuar el proceso de electrorosión, se necesitan los siguientes elementos:

- a) Electrodo patrón (puede ser de aleación de Cobre, fundición o...

base de Zinc o de grafito maquinado, debe ser conductor).

b). - Pieza a fabricar.

c). - Fluído dieléctrico.

El hueco entre el electrodo patrón y la pieza de trabajo es pequeño y -
uniforme; conforme el master desciende, se producen chispasos intensos. -
La erosión ocurre en ambas piezas (electrodo y pieza de trabajo), pero la -
polaridad negativa erosina solo de 1/4 a 1/10 parte de la pieza (p. positiva).
Es conveniente hacer notar que la pieza debe ser endurecida antes del proce -
so y después eliminar distorsiones por tratamiento térmico. El fluído die -
léctrico debe circular durante el tiempo que se tarde el proceso para elimi -
nar las finas partículas formadas entre la pieza de trabajo y el electrodo.

El proceso de fabricación dados o matrices por electroerosión es - -
lento comparado con los de corte metálico, pero con el se pueden alcanzar -
tolerancias estrechas en ranuras muy profundas.

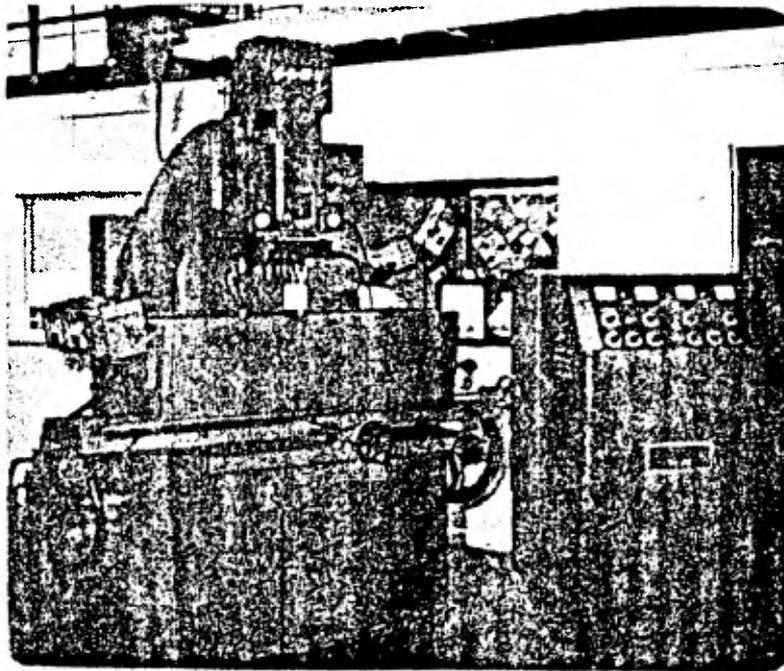


FIG. V. 13. - EQUIPO DE ELECTROEROSION CON CONSOLA DE CONTROLES. TIENE UNA CONSTRUCCION SEMEJANTE A LOS TALADROS, CON MESA DE TRABAJO CON MOVIMIENTO HORIZONTAL. ES NECESARIO QUE EL OPERADOR SEA UN ESPECIALISTA EN EROSION ELECTRICA.

ELABORACION POR DEPOSITACION DE METAL.

Son aquellos procesos donde se utiliza calor, presión o energía eléctrica para depositar metal; en este proceso se emplea una pieza patrón, sobre o alrededor de la cual, el metal se deposita hasta obtener la misma forma del patrón utilizado.

Como ejemplos de este proceso podemos citar:

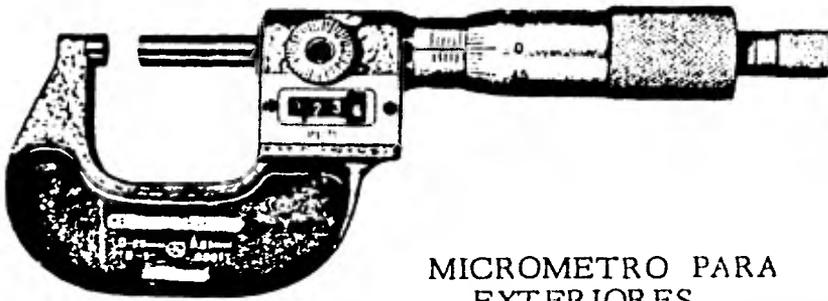
- Fundición a presión.
- Fundición con calor.

- Electroformado.

PROCESOS Y EQUIPOS AUXILIARES.

Una vez que el Dado o Matriz ha sido fabricado por alguno de los procesos ya mencionados, es necesario emplear equipos y herramientas que - permitan checar dimensiones, efectuar tratamientos químicos y térmicos - que aseguren la vida del Dado y un funcionamiento óptimo del mismo. Entre estos equipos podemos mencionar:

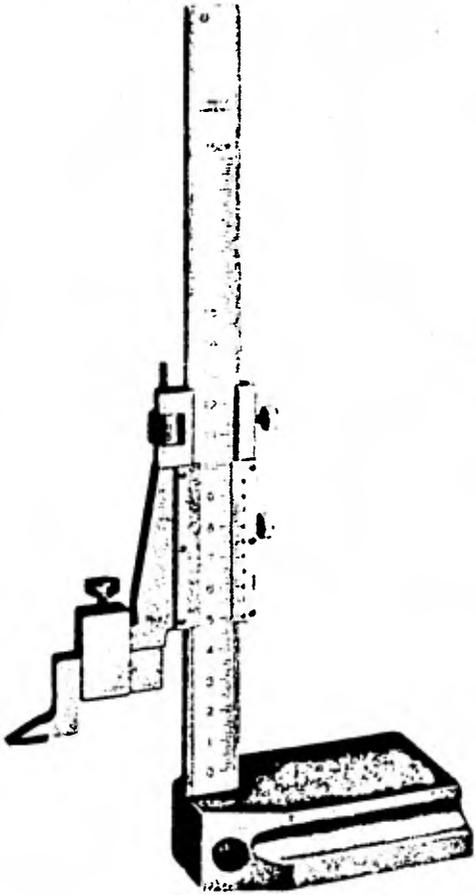
Calibradores, Micrómetros de mesa y manuales, Bloques en V, Pa - ralelas, Gauges, Equipo para tratamiento térmico (hornos), Equipo para recubrimientos químicos, Herramientas para ensamble final y Herramientas - para reparaciones. Ver figuras.



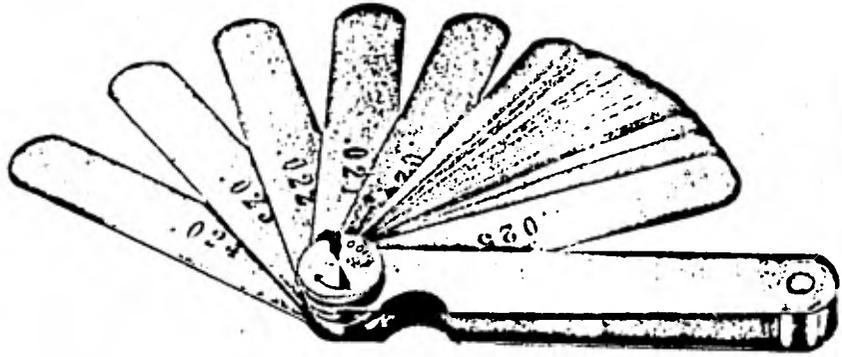
MICROMETRO PARA
EXTERIORES



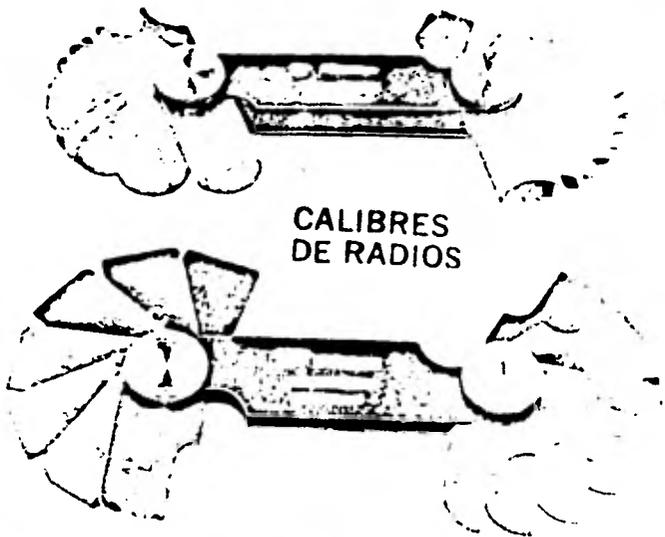
CALIBRADOR CON INDICADOR DE CUADRANTE



CALIBRADOR DE ALTURAS CON VERNIER



CALIBRES DE ESPESORES



CALIBRES DE RADIOS



FIG. V.14. - DENTRO DE LOS PROCESOS AUXILIARES ESTA EL GRABA -
DO DE LEYENDAS A MANO MEDIANTE EL USO DE LAS TI -
RRAMIENTAS ADECUADAS.

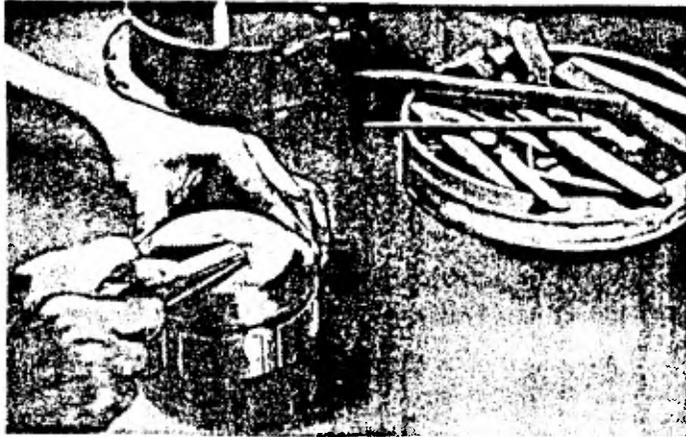


FIG. V. 15. - EL PULIDO DE PIEZAS TERMINADAS PUEDE HACERSE A MANO UTILIZANDO LIMAS FINAS Y ALGUN LIQUIDO PARA PULIR.

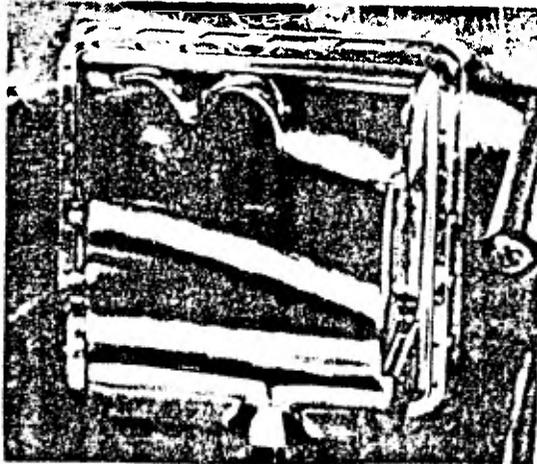


FIG. V. 16. - ESTA FIGURA MUESTRA UNA MATRIZ QUE TIENE UN ACABADO QUE SE DENOMINA PULIDO A ESPEJO; ESTE TIPO DE ACABADO DE MANO INHIVAMENTE DA UNA SUPERFICIE TERSA - EN EL PRODUCTO EXTRUIDO. ES NECESARIO QUE EL TRABAJO REALIZADO SEA MUY CUIDADOSO.

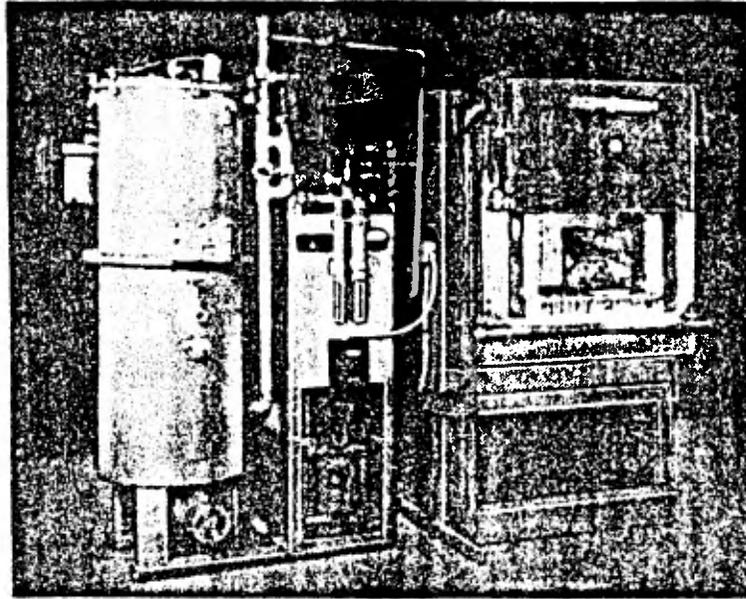


FIG. V. 17. - HORNO PARA TRATAMIENTOS TERMICOS EN DADOS O MATRICES. EQUIPO EMPLEADO PARA ELIMINAR TENSIONES EN EL MATERIAL MAQUINADO Y PARA EFECTUAR ALGUN TIPO DE ENDURECIMIENTO QUE SIRVA AL DADO PARA SU VIDA UTIL.



FIG. V. 18. - ENSAMBLE FINAL. UNA VEZ QUE EL DADO O MATRIZ COMPLETO LAS FASES PREVIAS Y QUE DIMENSIONALMENTE ESTA CONFORME A DISEÑO, LAS PIEZAS QUE LO FORMAN SE ENSAMBLAN PARA DESPUES SOMETERLO A LA PRUEBA FUNCIONAL, QUE ARROJARA DATOS SOBRE SI SON NECESARIAS MODIFICACIONES O SI EL DISEÑO ES EL CORRECTO.

Como se observa en la figura, se utilizan calibradores, micrómetros, etc, herramientas necesarias para comprobar las dimensiones del Dado o Matriz obtenido. -

V. 5. - ASPECTOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS.

a). - Diseño práctico del Dado o Matriz.

Todo diseño debe evaluarse correctamente para que cumpla con los requerimientos funcionales, operativos y de vida a que se someta en cualquier proceso productivo. Debido a que los aspectos a tomar en cuenta son bastantes, nos enfocaremos al estudio de los que tienen mayor importancia.

Al iniciar el diseño de un Dado, los primeros puntos que deben tomarse en consideración son:

1. - Facilidad de manufactura.
2. - Construcción simple (evitar que esté formado por varias piezas)
3. - Versatilidad (que se le puedan acoplar otras piezas).
4. - Duración.
5. - Mantenimiento adecuado.
6. - Costo de fabricación (incluye número de piezas a fabricar y rentabilidad del dado).
7. - Reemplazo de piezas a bajo costo.

Una vez que el diseñador conozca esos puntos, debe tomar en cuenta aquellos que intervienen directamente en la producción, como son:

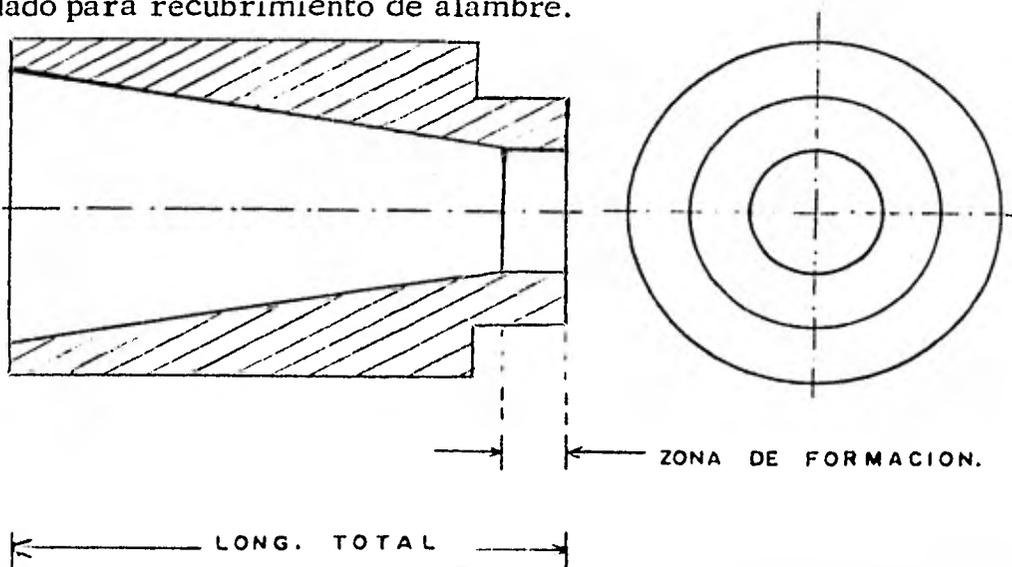
1. - Viscosidad del material plástico.
2. - Velocidad de extrusión.
3. - Esfuerzo cortante originado al fluir el material plástico.

4. - Temperaturas y presiones de operación.

Debe preverse, también, que el dado se utilice durante períodos largos de tiempo en la producción y sin limpiezas continuas, ya que así se asegura que el período de vida del dado sea mayor y su costo (\$) se abata rápidamente.

El diseño de un dado ó matriz de extrusión presenta dos tipos de problemas, por un lado encontrar las dimensiones convenientes para conseguir una óptima velocidad de producción, con una presión determinada en el dado; por otro lado encontrar la forma de los conductos (Sección transversal) adecuada y las dimensiones necesarias para conseguir la forma, tamaño y acabado del producto extruído.

En forma general, las características del producto se determinan en la zona de formación del dado o matriz; esta zona se conoce como longitud del canal o porción paralela del dado, y su diseño se deja básicamente a la experiencia práctica del diseñador. Fig. V. 19 nos muestra la longitud del canal de un dado para recubrimiento de alambre.



La longitud del canal proporciona la presión atrás del dado (o bien - presión trasera), necesaria para que al salir el material plástico del dado - no sufra contracciones ó rechupes. La longitud de esta zona es importante, - ya que si es demasiado larga, la velocidad de producción disminuye (por la - mayor fricción plástico - dado); por otro lado, si es pequeña hay rechupes o contracciones en el producto extruído.

En el dimensionamiento de la porción paralela intervienen los siguien - tes parámetros:

1. - El contorno del orificio del Dado o Matríz, ya que al relacionar - este con la longitud de la porción paralela, podemos tener mayor control so - bre el espesor y ancho de las superficies de la pieza extruída.

2. - Acabado de la superficie del Dado; este acabado varía de acuer - do al material y producto que se vaya a obtener, siendo lo más frecuente el - pulir a espejo o cromar la superficie del Dado para disminuir fricciones y - mala calidad en el producto.

3. - El esfuerzo cortante originado por un espesor del dado no ade - cuado; cuando el espesor es pequeño, la velocidad del esfuerzo cortante au - menta, causando la disminución de la Viscosidad del Plástico y una caída de - presión en el flujo del mismo.

b). - Fractura del Material ya extruído.

Este es otro aspecto a considerar para realizar un buen diseño. La - fractura del material ocurre cuando la tensión del esfuerzo cortante excede -

la resistencia a dicho esfuerzo en un material plástico fundido. El aspecto de un material fracturado es la apariencia irregular de su superficie.

Las causas que provocan fractura, son las siguientes:

1. - El ancho del canal puede ocasionar problemas de fractura, pues cuando el ancho es pequeño, la velocidad del material aumenta y con ello la tensión del esfuerzo cortante.

2. - Presión en el dado: ésta varía de acuerdo a la viscosidad del dado. Cuando la viscosidad es alta puede provocar fractura, ya que hay mayor fricción dado-material plástico.

3. - Geometría del Dado o Matriz. Cuando el dado tiene una geometría complicada que impide que el flujo del material plástico sea uniforme, provoca fracturas en el plástico. Ver figura V. 20.

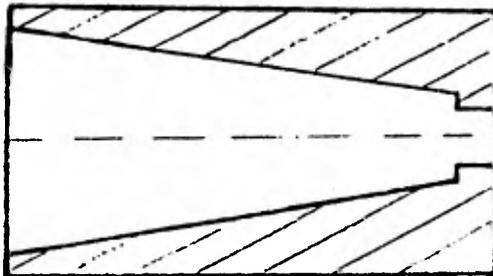


FIG. V. 20. - EJEMPLO DE GEOMETRIA DE UN DADO QUE IMPIDE FLUJO UNIFORME.

4. - Calentamiento del Dado. Para lograr este objetivo debemos hacer uso de los accesorios mencionados en capítulos anteriores, ya que el no tener este tipo de calentamiento, el plástico se agrieta y sale opaco; este

agrietamiento puede considerarse como fractura.

El método a seguir para corregir estos puntos es el tener un control-
adecuado de ellos, hacer uso de catálogos, diseños, tablas y/o gráficas del-
proceso y de los materiales plásticos empleados.

c). - Diseño Hidrodinámico del Dado o Matriz de Formación.

El objetivo del diseño hidrodinámico, es el de producir flujo unifor -
me del material plástico desde el tornillo hasta la parte de formación del da -
do. Un diseño de este tipo nos ayuda a disminuir, en un porcentaje alto, las
fracturas del material pues el esfuerzo cortante disminuye considerablen -
te.

Todas las superficies de la matriz deben ser hidrodinámicas para -
evitar puntos muertos, o sea zonas de la matriz donde el material plástico -
se retenga y se degrade. La salida del dado debe cumplir con el requisito de
hidrodinamicidad porque en esta zona las temperaturas son altas y las posibi -
lidades de degradación del material también lo son.

La Fig. V. 21 muestra las regiones de entrada y salida de un canal -
sin flujo hidrodinámico (en este caso hay zonas de retención del material).

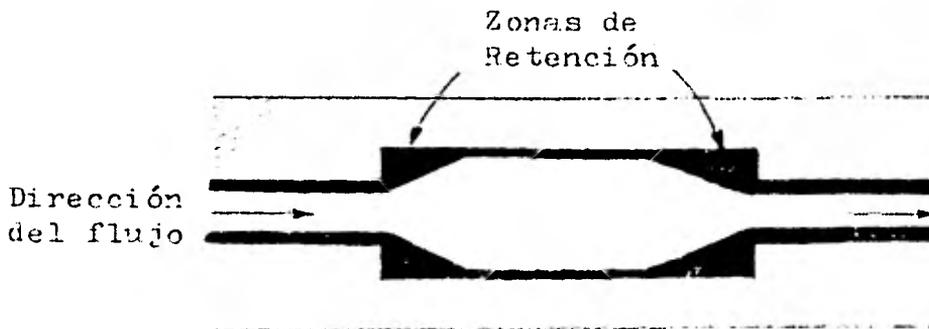


FIG. V. 21. - CANAL SIN FLUJO HIDRODINAMICO.

Para reducir efecto y conseguir un flujo uniforme, las secciones de entrada y salida no deben tener ángulos mayores de 60° en los cambios de sección, pues si es así hay mayor oposición al flujo de material. Ver figuras V.22 y V.23.

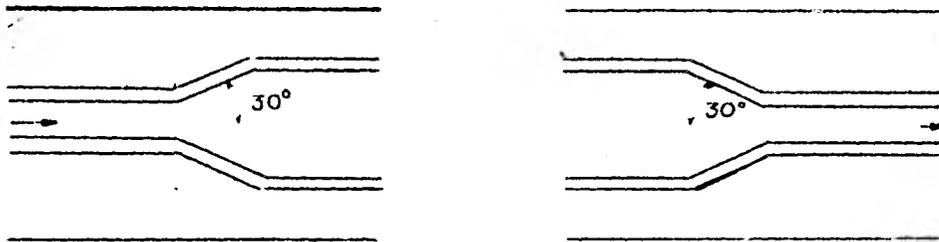


FIG. V.22 y V.23

Hay dos ángulos que deben tomarse en cuenta en el diseño hidrodinámico y que son el ángulo de aproximación (a la salida del canal) y el ángulo de ataque (a la entrada del canal). La figura V.24 muestra en forma esquemática el ángulo de aproximación.

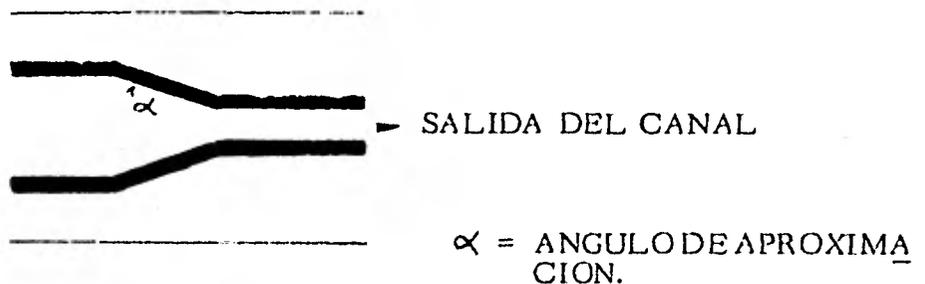


FIG. V.24

Cuando el ángulo de aproximación es grande, el material resulta atrapado, expandiéndose a la salida del dado, causando mala apariencia en

producto extruído. Esta expansión es ocasionada porque la presión atrás del dado es alta. Como ejemplo tenemos la figura V. 25.

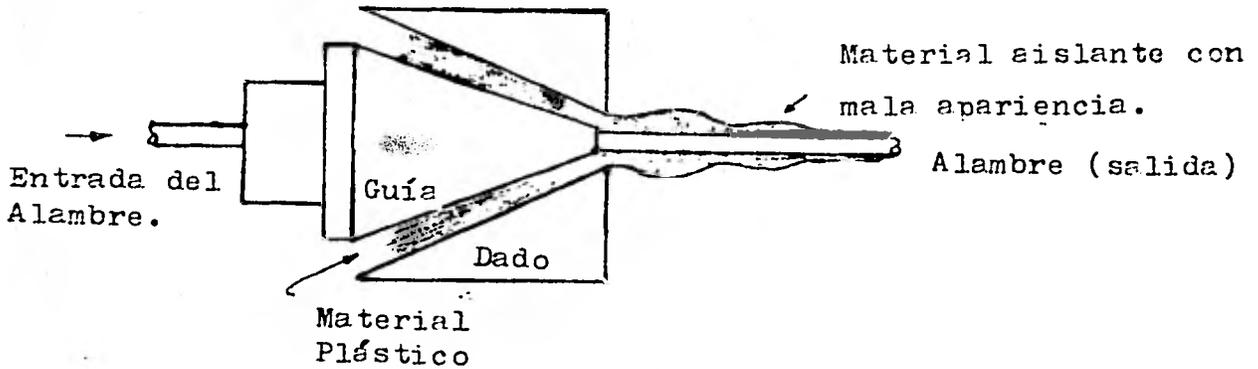


FIG. V. 25

El ángulo de ataque se muestra en la figura V. 26.

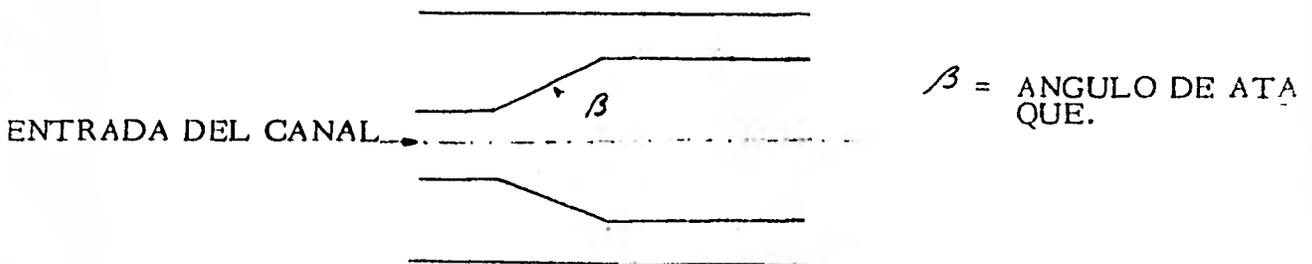


FIG. V. 26

Cuando el ángulo de ataque es pequeño, la velocidad de producción aumenta y viceversa; aunque también es obvio que la velocidad de producción - la darán los parámetros de la extrusora y el material a procesar, el diseño hidrodinámico adecuado influye para que tal velocidad se logre.

Para evitar problemas como los ya mencionados, lo ideal sería adoptar una geometría del canal como a continuación se muestra.



FIG. V. 27

Resumiendo:

1. - Los canales de pasaje de flujo de material plástico deben ser de perfil tal que no permitan áreas de retención, remolinos o estrangulamientos que ocasionen en el material tensiones remanentes, degradación e incluso los lleguen a quemar.

2. - El área de pasaje del dado o sea el canal de admisión del dado no puede ser menor, en ningún caso, que el canal de salida del cabezal de la extrusora.

3. - El caudal o flujo de material plástico, es inversamente proporcional a las reducciones de paso y a la longitud del canal del dado o matriz.

En base a estas premisas, se puede deducir que una misma extrusora podrá contar con cabezales de diferentes tamaño y con diversos armados a fin de ampliar el rango de extrusión y que éste sea compatible con la calidad de fabricación de producto extruído.

V. 6. - TIPOS DE DADOS O MATRICES PARA EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS.

El sector de la Industria dedicada a fabricar productos termoplásticos ha tenido un crecimiento tan notable en cuanto a tipos, formas y diseños de Dados, que en la actualidad existen dos o más tipos de dados que sirvan para fabricar el mismo producto. De hecho lo que se conserva son los aspectos generales de diseño ya mencionados, cambiando sólo la configuración del dado con objeto de adecuarlo al tipo de extrusora empleada.

Existe, en forma general, una clasificación para los dados que va de acuerdo a la posición que éstos tengan con respecto a la extrusora; esta clasificación está basada en tres aspectos:

- a). - Espacio disponible en la planta.
- b). - Tipo de Máquina y experiencia de los operadores.
- c). - Tipo de productos a fabricar.

Considerando lo anterior tenemos:

A). - DADOS DE PASO DIRECTO: Son aquellos cuyos ejes están alineados con la dirección de suministro de material plástico, sin significar con esto que forzosamente estén en línea con el eje de la máquina.

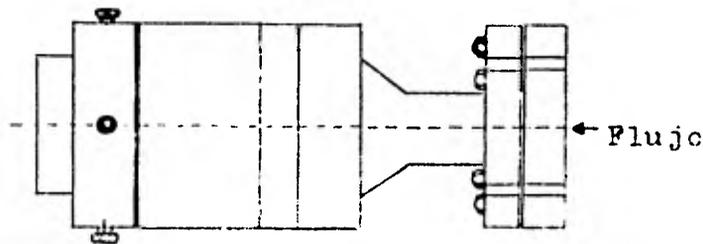


FIG. V. 28. - DADO DE PASO DIRECTO PARA LA EXTRUSION DE TUBO.

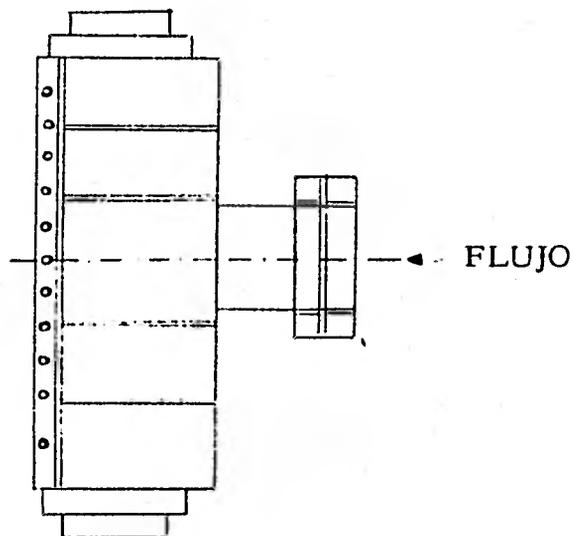


FIG. V. 29. - DADO DE PASO DIRECTO PARA PELICULA PLANA.

Este tipo de dados se utilizan para la extrusión de tubo, barras, perfiles y láminas. Con la ayuda de conductos de alimentación curvos se utilizan para producir película plana y tubular.

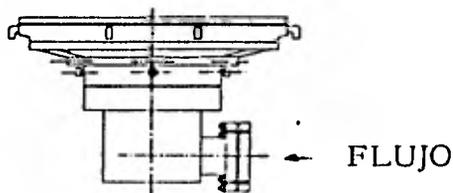


FIG. V. 30. - DADO DE PASO DIRECTO CON CONDUCTO CURVO PARA EXTRUIR PELICULA TUBULAR.

B). - DADOS CON CABEZA CRUZADA: Son aquellos cuyos ejes, con relación al suministro de material termoplástico, forman un ángulo de 90° -

pudiéndose obtener también ángulos de 30 y de 45 dependiendo del espacio disponible en la planta.

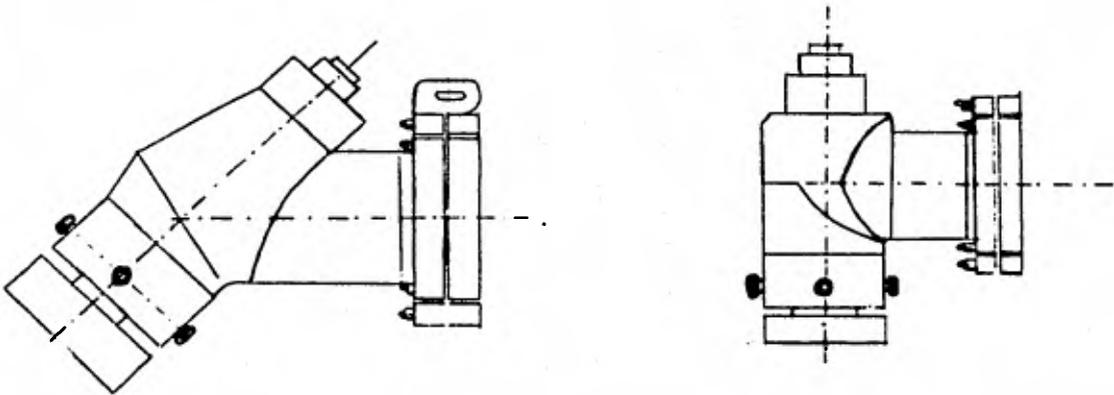


FIG. V. 31. - DADOS DE CABEZA CRUZADA A 90° Y A 45° RESPECTIVAMENTE UTILIZADO PARA EXTRUSION DE RECUBRIMIENTO DE CABLE Y O ALAMBRES; TAMBIEN PUEDE UTILIZARSE PARA TUBO.

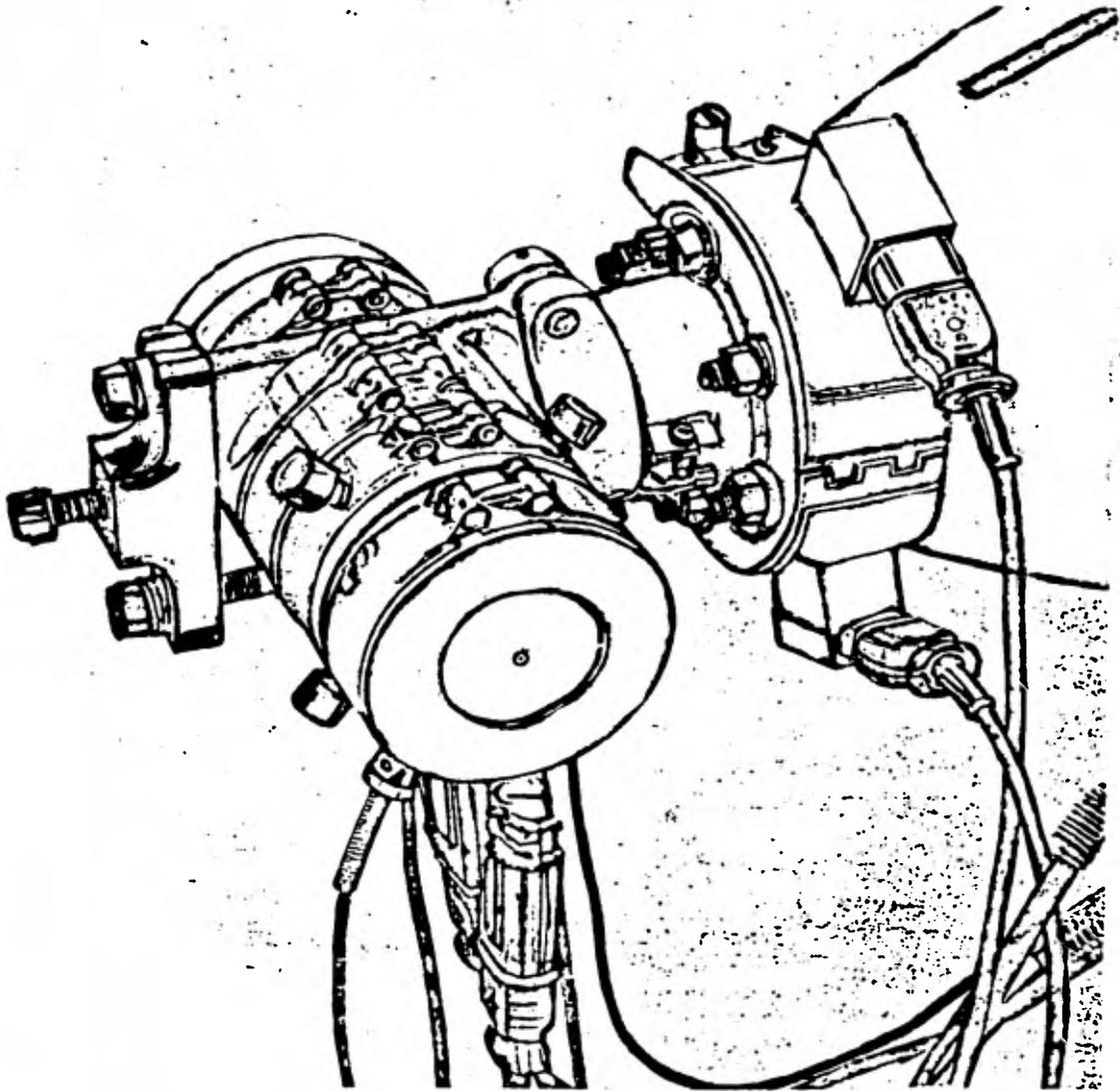


FIG. V. 32.

Este tipo de dados se utilizan para la extrusión de aislamientos y recubrimientos para cables y alambres; el hecho de tener alimentación lateral evita el uso de accesorios complejos.

C). - DADOS CON CABEZA DESCENTRADA: Este tipo de dados es el resultado de combinar las características de los dados de paso directo y los de cabeza cruzada. En un diseño de este tipo se aprovechan las ventajas de alimentación lateral y directa, ya que al cambiar dos veces de dirección el material plástico, se uniformiza más el flujo del mismo.

La figura V.70, es ejemplo de este tipo de dado. El uso que se le da es para la fabricación de tubo, principalmente.

Antes de describir los tipos de dados más utilizados en el proceso de extrusión, explicaremos la función de la cabeza o cabezal de extrusión y las partes que lo componen; las variantes para cada tipo de dado son pocas, haciéndose uso solo de algunos elementos auxiliares.

El cabezal es el elemento que recibe el material plastificado y lo transporta hacia el dado o matriz. Las consideraciones generales que hacen que el cabezal cumpla su función satisfactoriamente son las siguientes:

I). - Los canales de pasaje de flujo de material deben ser de perfil tal que no creen áreas de retención, remolinos o estrangulamientos que ocasionen en el material termoplástico tensiones permanentes, degradación o incluso quemarlo.

II). - El área de pasaje entre las piezas que formen un dado o matriz, que la menor área de pasaje por la cabeza.

III). - El caudal de material es inversamente proporcional a las reducciones de paso y a la longitud del canal.

En base a estas premisas se puede deducir que una misma extrusora

podrá contar con cabezas de diferentes tamaños y con **diversos** tipos de armado de una misma cabeza a fin de ampliar su rango de extrusión, competitiva con la calidad de la elaboración.

Tipos de Armado. - Los tipos de armado son dos, fijo y universal.

Actualmente en la industria se utilizan de armado universal, ya que la versatilidad para colocar diferentes tipos de dados lo hacen superior a los de armado fijo.

Partes componentes:

I). - Portafiltro: Se ajusta entre la cabeza y el cilindro y en su interior retiene las mallas o filtros.

II). - Distribuidor: Orienta el flujo y lo guía a través de los canales de pasaje.

III). - Torpedo: Elemento que por lo general es utilizado en los dados para recubrir alambre o cable; se desplaza sobre el centro del distribuidor y sostiene en su interior a la guía.

El torpedo puede ir fijo con dos prisioneros o con un filete **practicado** en su interior que rosca sobre una tuerca que a su vez externamente va rosca da al cabezal. Con este tipo de armado puede regularse la distancia guía da do.

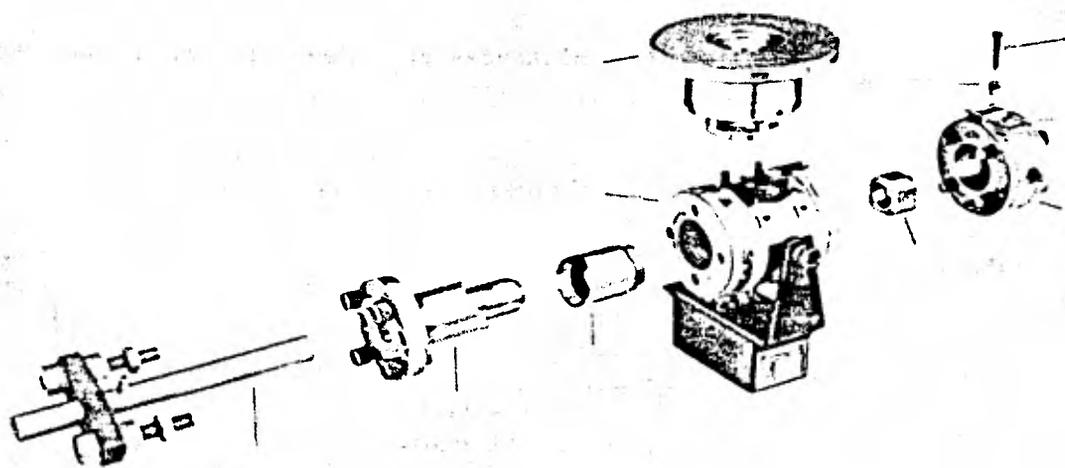


FIG. A. 13. DESPIECE DE UN CABEZAL DE EXTRUSION MOSTRANDO LAS PARTES PRINCIPALES QUE LO COMPONEN.

TIPOS DE DADOS.

1). - Dados para extruir recubrimientos para alambres y cables.

DADO: El dado es un aditamento de la Extrusora que consta de un cilindro de acero, al cual se le ha hecho una perforación cónica por el plano de admisión y que termina en el orificio de expulsión en el plano contrario; - el tamaño de este orificio será el que determine la forma, medida final y acabado del producto extruído.

Los dados utilizados en el recubrimiento de cables y alambres presentan las siguientes variantes:

- a). - Dados sin chumacera (para tubulado), ver figura V. 34.
- b). - Dados con chumacera cilíndrica (para extrusión), ver figura - - V. 35.
- c). - Dados con chumacera cónica (para extrusión) ver figura V. 36. - Para tubulado también se pueden utilizar dados con chumacera.

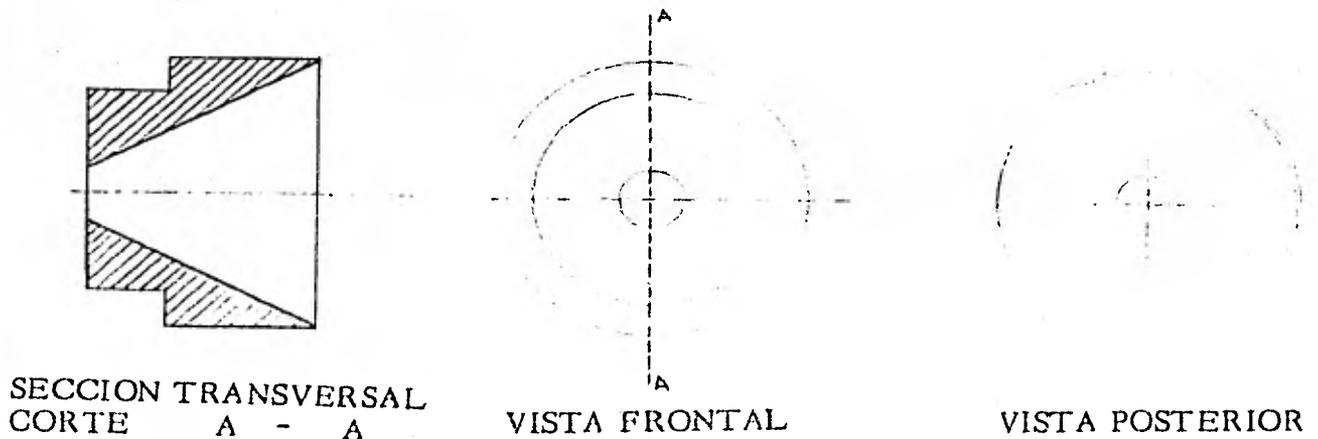
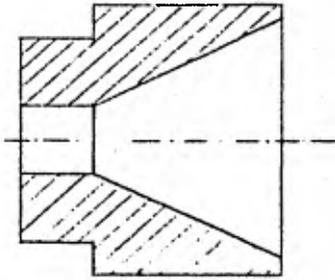


FIG. V. 34. - DADO SIN CHUMACERA.

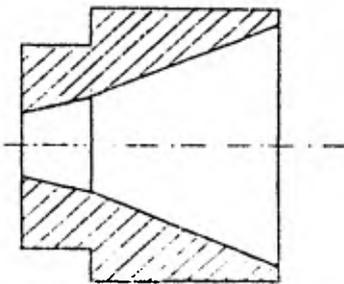


CORTE SECCIONAL SEGUN
PLANO A - A

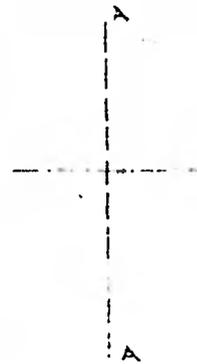


VISTA FRONTAL

FIG. V. 35. - DADO CON CHUMACERA CILINDRICA.



CORTE SECCIONAL SEGUN
PLANO A - A



VISTA FRONTAL

FIG. V. 36. - DADO CON CHUMACERA CONICA.

b). - GUIAS: La guía es el complemento del Dado y sirve para guiar - el alambre o cable hacia el dado. En el exterior, la guía presenta dos zonas diferentes: el cono y la cuerda. Ver figura V. 37.

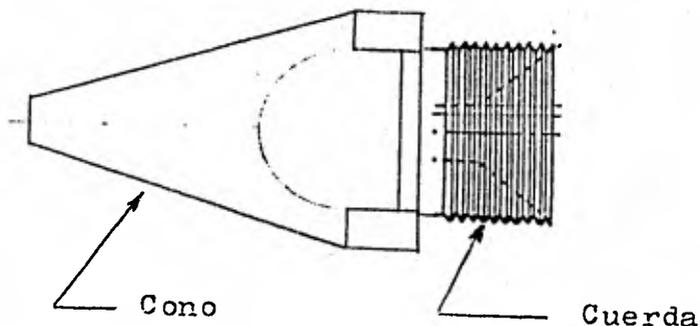


FIG. V. 37

CONO: Es la parte de la guía que junto con el dado, forma el canal - por donde fluirá el plástico hasta adoptar su forma final.

CUERDA: Es la parte de la guía que servirá para unirla firmemente al torpedo del cabezal de la extrusora.

En el interior la guía tiene una perforación axial y concéntrica que - la atraviesa de lado a lado y cuyo objeto es dar paso al material por recubrir; no debe haber filos sino que toda arista o escalón debe ser redondeado. La - figura V. 38 nos muestran el aspecto físico de algunas guías.

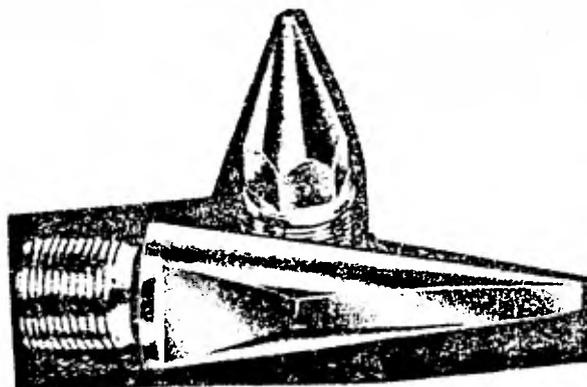


FIG. V. 38. - EJEMPLO DE GUIAS UTILIZADAS EN LA EXTRUSION DE RECUBRIMIENTO PARA CABLES Y ALAMBRES.

Como complemento para el Dado, las guías presentan diferentes configuraciones que van de acuerdo al tipo de proceso empleado.

a). - Guías sin labio. - Son aquellas en que la parte aguda del cono es troncada y no tiene prolongación alguna. Ver figura V. 39.

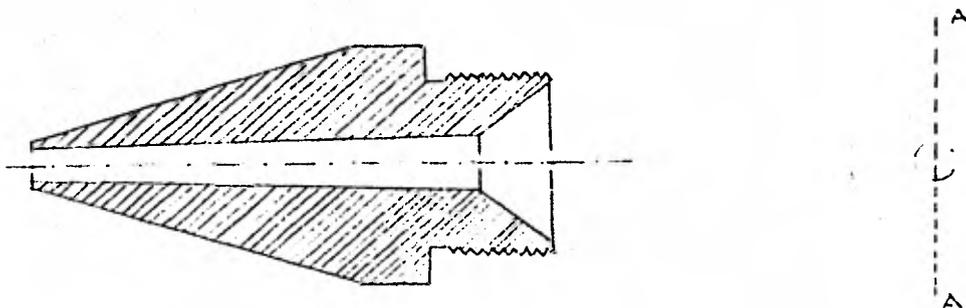


FIG. V. 39. - GUIA SIN LABIO, VISTA FRONTAL Y CORTE SECCIONAL A - A.

b). - Guías con labio. - Son aquellas en que la parte aguda del cono termina en una pequeña prolongación cilíndrica, la que interiormente conserva el diámetro de la chumacera del dado. Ver figura V. 40.

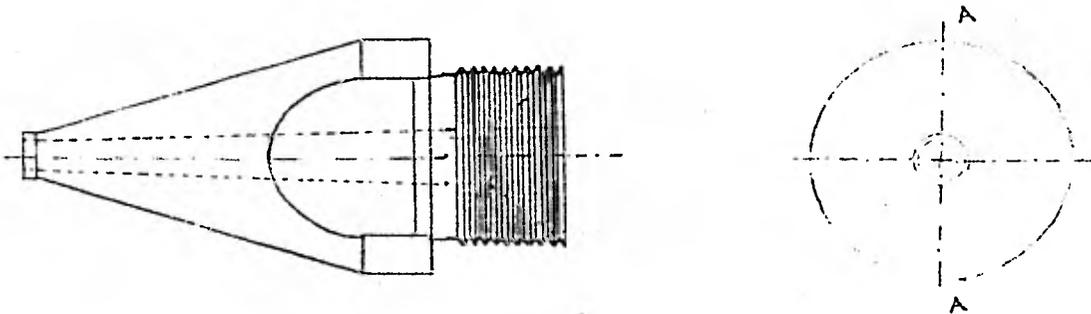


FIG. V.40. - GUIA CON LABIO, VISTA FRONTAL Y CORTE SECCIONA L A - A.

El ángulo del cono de la guía debe ser siempre menor o igual al cono interior del dado para que no presente, en proceso, los siguientes problemas:

- I). - Producir obstrucciones en el flujo del material plástico.
- II). - Producir compresiones en el flujo y expansiones del plástico cerca del dado.

Independientemente del plástico con el que se recubra el alambre o cable, existe una clasificación que sirve para diferenciar el grado de adherencia del recubrimiento plástico en el conductor. Dicha clasificación es la siguiente:

- a). - Recubrimiento extruído.
- b). - Recubrimiento tubulado.
- c). - Recubrimiento semiextruído.

Recubrimiento extruído: Es aquel que se caracteriza por la adherencia o penetración del plástico en el conductor, se aplica sobre cables y alambres desnudos y en general sobre conductores de sección uniforme. La si -

guiente figura muestra la sección transversal de un cordón de tres conductores aislados y que presentan cubierta extruída.

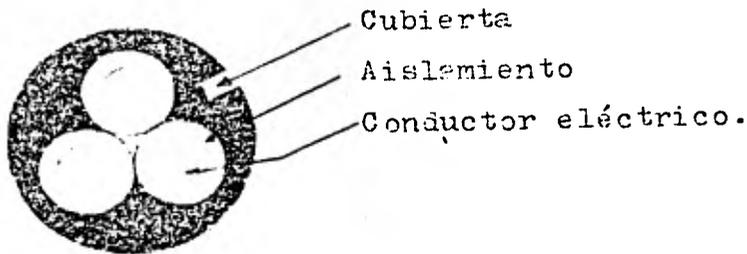


FIG. V. 41. - VISTA FRONTAL DEL RECUBRIMIENTO EXTRUIDO.

Uno de los aspectos importantes y que influyen en este proceso es la distancia que guarda la gufa con respecto al dado. Al variar la distancia la orientación del flujo del material plástico cambia de tal forma que al separar la gufa la penetración o adherencia del plástico será mayor y en caso contrario es menor. La razón de esto estriba en que al aumentar la separación el flujo se orienta a converger en el conductor según sea el ángulo de salida del dado; conforme se acerca la gufa, el ángulo de convergencia se hace más agudo reduciendo la componente de la presión que actúa sobre el conductor y aumentando la componente en sentido paralelo al mismo.

Generalmente el dado y la gufa empleados no tienen chumacera y labio respectivamente. Ver figura V. 42.

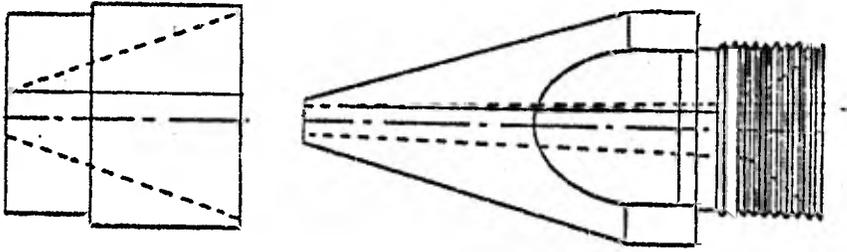


FIG. V. 42.

Recubrimiento Tubulado: Este proceso consiste en formar un tubo de material plástico más grande que el alambre o cable y que debido a la plasticidad del material a la salida del dado y a la diferencia de velocidad cable-recubrimiento, se estira formando un cono hasta que se adapta a las dimensiones del conductor. Ver figuras V. 43.

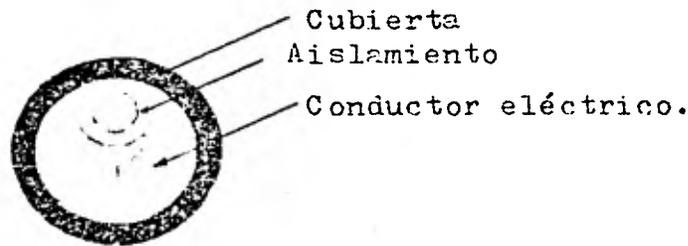


FIG. V. 43. - VISTA FRONTAL DEL RECUBRIMIENTO TUBULADO.

Este proceso presenta como ventaja el que pueden obtenerse cubiertas correctamente centradas y de espesor constante. En general mientras más se ajusta el recubrimiento al conductor, las irregularidades se notarán más en la parte exterior del conductor y si no hay un ajuste adecuado, el recubrimiento queda flojo y fácilmente puede salirse del conductor.

El juego dado-gufa es el tipo normal con chumacera y labio.

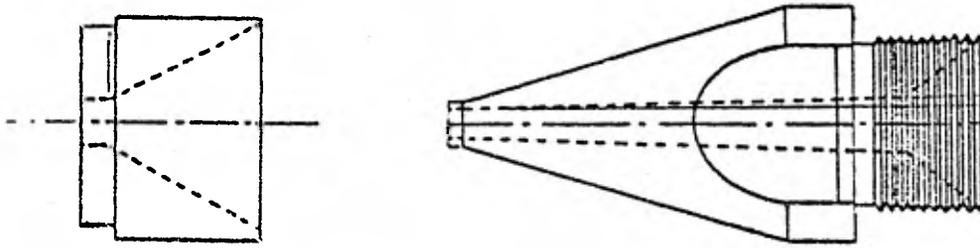


FIG. V. 44. - JUEGO DE DADO Y GUIA CON CHUMACERA Y LABIO RESPECTIVAMENTE, EMPLEADOS PARA EL PROCESO DE TUBULADO.

Para este proceso, la gufa se acerca al dado de tal forma que el labio de esta quede emparejada al dado con el fin de que el flujo del plástico quede orientado completamente en dirección paralela al alambre o cable sin ejercer ninguna presión sobre él. En el exterior se reproduce el aspecto y geometría del cable o alambre dependiendo de lo ajustado del mismo.

Recubrimiento Semiextruido. Este tipo de recubrimientos combina las características de los tipos ya descritos. El aspecto que presenta es el siguiente.

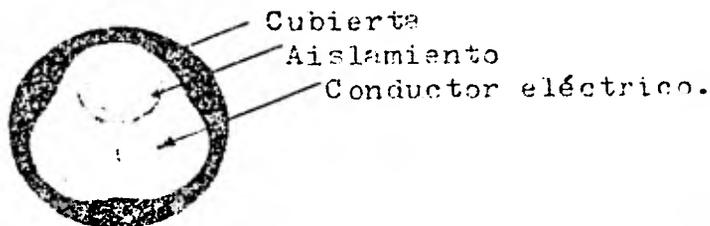


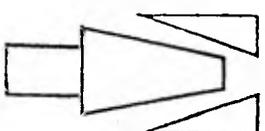
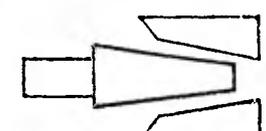
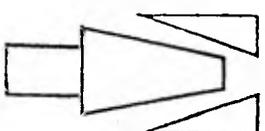
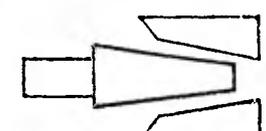
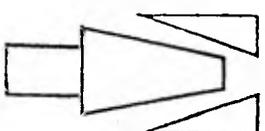
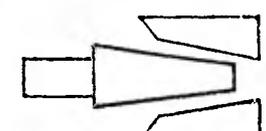
FIG. V. 45. - VISTA FRONTAL DEL RECUBRIMIENTO SEMIEXTRUIDO.

Este tipo de cubiertas se adapta para ser aplicado en aquellos conductores de varios filamentos que por su construcción no presentan una medida constante en su sección; tiene como ventaja que puede ocultar defectos de marcado causados por la construcción del cable, dándole a este una apariencia más uniforme en su superficie exterior. Tiene como desventaja el incremento en la cantidad de plástico aplicado en el conductor.

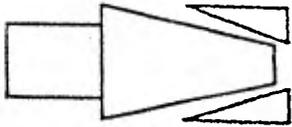
El juego gufa-dado empleados son: gufa estándar sin labio y dado estándar.

A continuación se muestra una tabla donde se especifican los juegos - Gufa-Dado empleados en los procesos ya descritos, incluyendo tolerancias y aplicaciones.

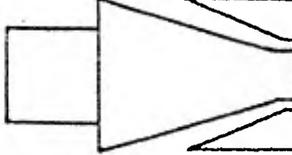
METODO PARA CALCULO DE LOS
JUEGOS DE GUIA Y DADO

A L E X T R U I D O						
APLICACION DE AISLAMIENTOS	TOLERANCIA EN LA GUIA	ESPECIFICACIONES				
<p>1.- Alambre de Cobre</p> <p>Del 26 al 8AWG Mayores</p>	<p>0.003" 0.005"</p>	<p>DADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diámetro del dado deberá ser igual al nominal pedido en el diseño - Su diseño debe ser estandar para las máquinas intermedias y gruesas. - Se usará dado de cuña en las máquinas finas y rellenos de uso rudo <p>GUIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diámetro interno de la guía se calculará midiendo el diámetro real del conductor en su parte más alta, sumándole la tolerancia indicada en esta tabla. - Su diseño debe ser estandar sin labio. - Recuente que el ángulo de la guía debe ser menor ó igual al del dado 				
<p>2.- Alambre Estañado</p> <p>Del 26 al 12AWG Mayores</p>	<p>0.004" 0.005"</p>					
<p>3.- Cordones de Cobre y Estañados</p> <p>Hasta 10AWG</p>	<p>0.008"</p>					
<p>4.- Cables de Cobre y Estañados.</p> <p>Del 16 al 6AWG</p>	<p>0.005"</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMAÑOS 2, 3 y 4</th> <th>TAMAÑO 1 y USO RUDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO ESTANDAR</p> </td> <td>  <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO DE CUÑA</p> </td> </tr> </tbody> </table>	TAMAÑOS 2, 3 y 4	TAMAÑO 1 y USO RUDO	 <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO ESTANDAR</p>	 <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO DE CUÑA</p>
TAMAÑOS 2, 3 y 4	TAMAÑO 1 y USO RUDO					
 <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO ESTANDAR</p>	 <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO DE CUÑA</p>					
<p>5.- Cable de Cobre</p> <p>Del 4AWG al 1000 MCM</p>	<p>0.012"</p>					
<p>6.- Cable flexible de Cobre y Estañado</p> <p>Del 8 al 4/0AWG</p>	<p>0.010"</p>					
<p>7.- Cables Uso Rudo Rellenos</p>	<p>0.006"</p>					

B) S E M I E X T R U I D O

APLICACION DE CUBIERTAS	TOLERANCIA EN LA GUIA	E S P E C I F I C A C I O N E S
Cables Telefónicos Cubiertas de Alto Voltaje Cubiertas de Uso Rudo con Rellenos	0.010"	<p>DADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diámetro se calcula midiendo el diámetro máximo del conductor base y agregándole 2 veces el espesor nominal de diseño. - El tipo generalmente es estandar. <p>GUIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Su diámetro interno se calculará midiendo el diámetro máximo del conductor base, sumándole la tolerancia indicada en esta tabla. - Su diseño debe ser estandar sin labio. - El ángulo de la guía debe ser menor ó igual al del dado.
TAMAÑOS 1, 2 y 3		
 <p>GUIA ESTANDAR SIN LABIO DADO ESTANDAR</p>		

C) T U B U L A D O

APLICACION DE CUBIERTAS	TOLERANCIA EN LA GUIA	E S P E C I F I C A C I O N E S
Cable Control Coaxiales y Blindados	15 a 20%	<p>DADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diámetro se calcula midiendo el diámetro máximo del conductor base y agregándole 3.5 a 4 veces el espesor nominal de diseño. - El tipo debe ser estandar ó con labio (Land) de 0.250" aproximadamente. <p>GUIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El diámetro interno se calcula midiendo el diámetro máximo del conductor base, sumándole un 15 a 20% más de tolerancia. - Guía con labio.
TAMAÑOS 1, 2, 3, y 4		
 <p>GUIA CON LABIO DADO CON LABIO O ESTANDAR</p>		

2). - Dados para Película Tubular.

DADO: El dado es esencialmente un cuerpo cilíndrico hueco que tiene en su interior, en forma concéntrica un mandril cuyas dimensiones serán las que determinen las del producto extruído. Cuando el material fundido entra al dado, se fuerza dentro de un canal anular creado por la cubierta del dado y el mandril.

Las siguientes figuras nos muestran diferentes tipos de diseños de -
dados para película tubular.

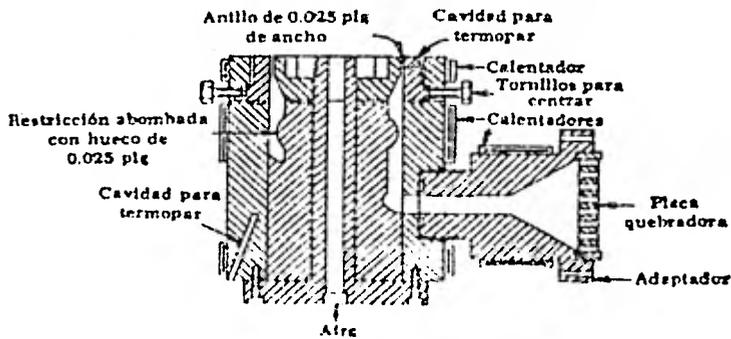


FIG. V. 46. - DADO CON CABEZA CRUZADA PARA EXTRUSION DE PELICULA TUBULAR.

El material fluye alrededor del dado y se reúne antes de salir por los bordes del dado; el aire es introducido a través del mandril o por otros medios de acuerdo al diseño.

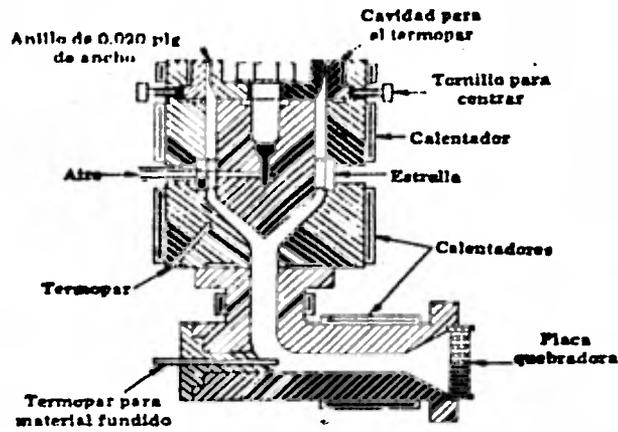


FIG. V. 47. - DADO DE PASO DIRECTO CON CONDUCTO DE ALIMENTACION CURVO PARA EXTRUIR PELICULA TUBULAR.

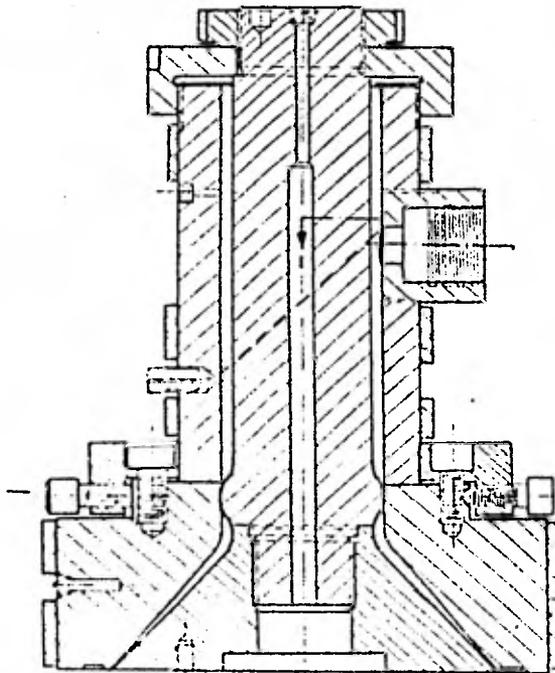


FIG. V. 48. - OTRO DISEÑO DE DADO PARA EXTRUSION DE PELICULA TUBULAR.

En este proceso se extruye un tubo de pared delgada, el cual se infla continuamente a un diámetro mayor mientras se jala con una velocidad lineal relativamente alta.

La burbuja de aire que se forma al salir el material del dado, actúa como mandril de formado interno, ya que la presión que se le da al aire hace que el espesor de la película tubular aumente o disminuya según sea esta presión.

Los diseños, por lo general son similares, cambiando sólo algunos de los accesorios que lo integran. Las partes importantes, dibujadas en los cortes seleccionados son:

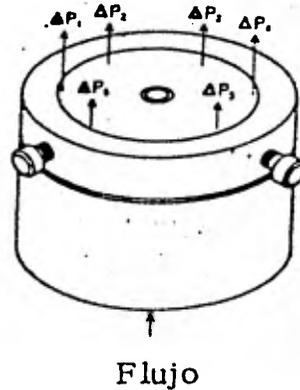
1. - Cavidades para termopares: son cavidades donde se colocan los termopares, que nos indican las temperaturas a las cuales se está procesando el material.

2. - Tornillos para centrar: sirven para que el espesor de la película tubulada sea uniforme y para que la alimentación del material sea adecuada.

4. - Tornillos para purga de aire: cuando realizamos una purga, ayudamos a que las variaciones en la presión del aire suministrado a la burbuja, no varíe mucho.

En la extrusión tubular se consigue un perfil uniforme de modo singular con una acción de extendido que tiene lugar en el mandril distribuidor. Las correcciones en el flujo se pueden obtener ajustando y moviendo el anillo

llo localizado en el área del distribuidor primario. Para obtener un espesor en la película tubular, constante, se tiene que igualar la presión en los diferentes segmentos del dado. Ver figura V. 49.



$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3 = \Delta P_4 = \dots \Delta P_n$$

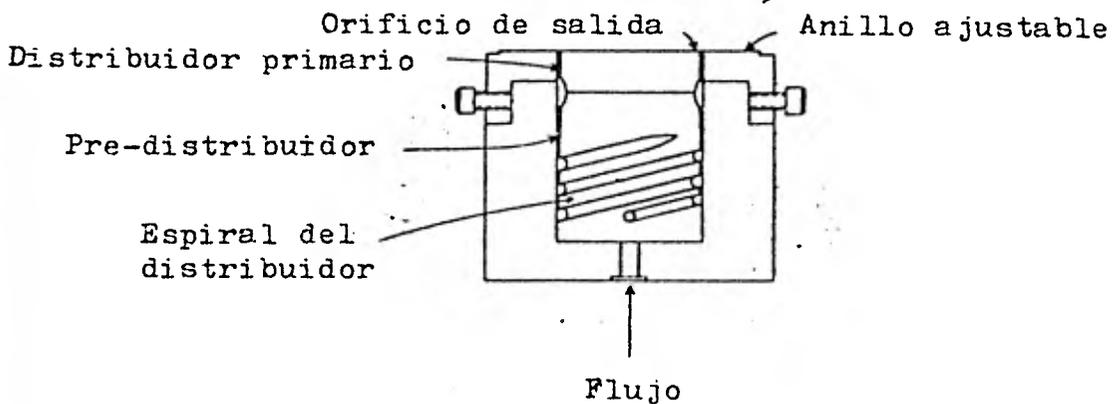
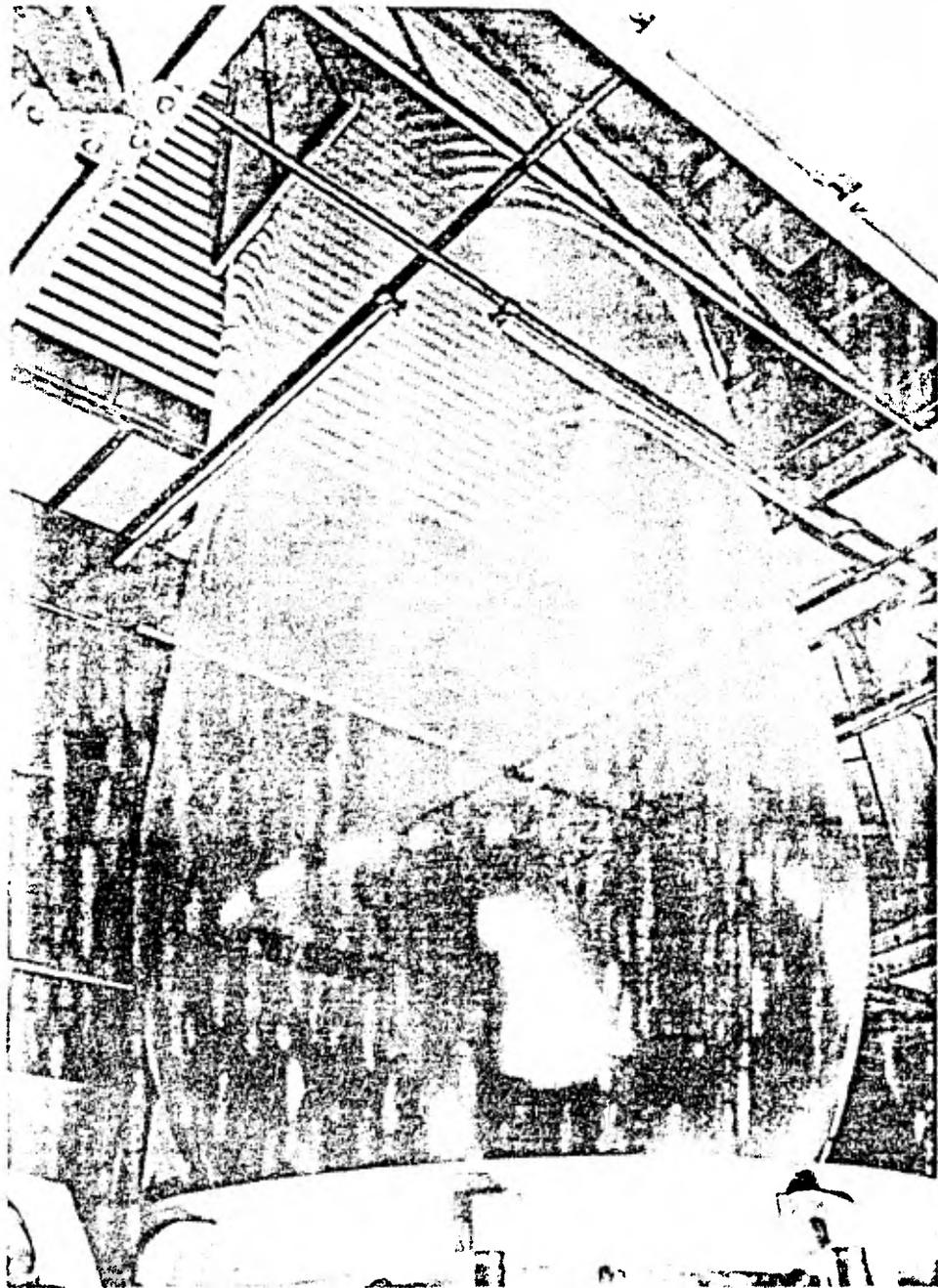


FIG. V. 50. - FLUJO DEL MATERIAL PLASTICO EN UN DADO PARA EXTRUSION DE PELICULA TUBULAR.

A continuación presentamos el aspecto físico de los dados empleados para extruir artículos por medio de dados tubulares.



A. L.

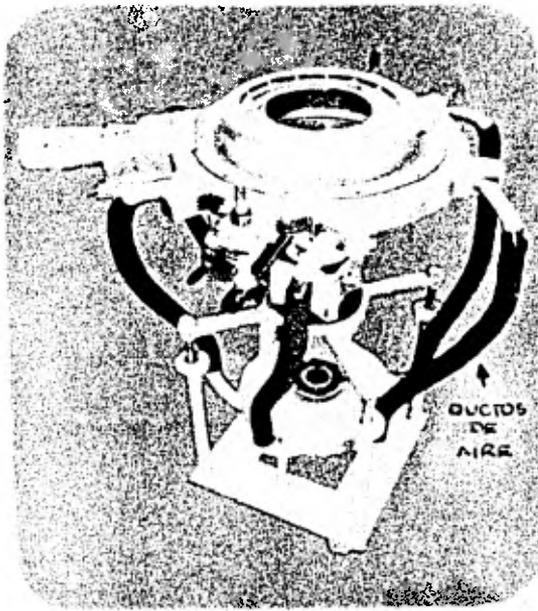
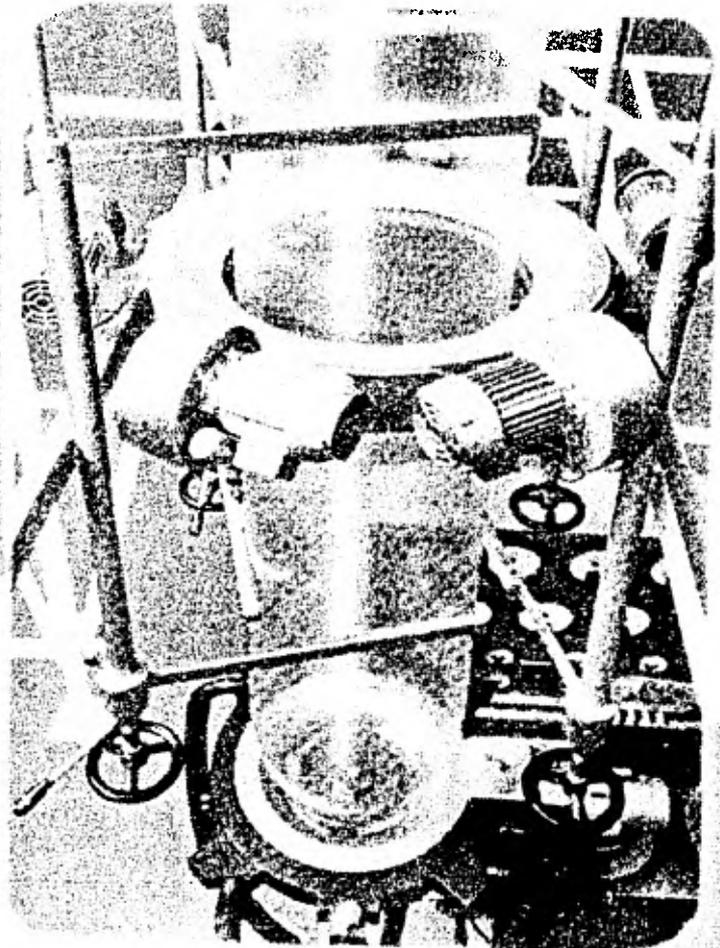


FIG. V. 52. - ASPECTO FISICO DE UN DADO O MATRIZ EMPLEADO PARA EXTRUSION TUBULAR.



BURBUJA DE METILRIN PLASTICO FORMADA CON EL DADO ANTERIOR.

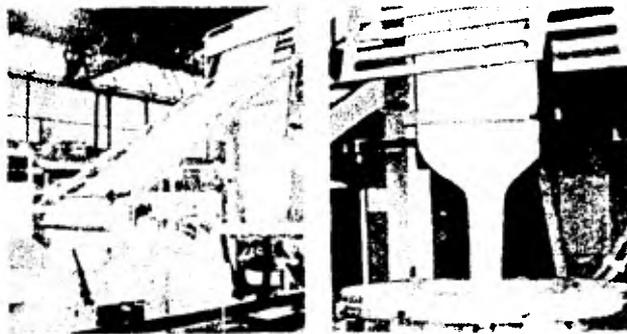


FIG. V. 53. - ASPECTO FISICO DE LOS COMPLEMENTARIOS QUE SE EMPLEAN EN LA PRODUCCION DE PELICULAS DE METILRIN.

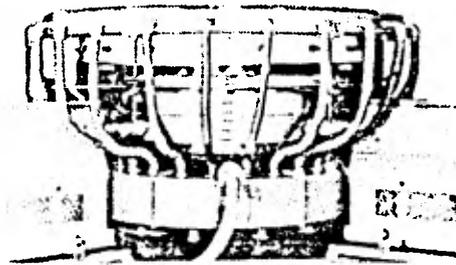


FIG. V. 54. - ACTUALMENTE EL DESARROLLO EN CUANTO A DISEÑO DE DADOS PARA EXTRUSION TUBULAR HA SIDO ENORME, AL GRADO DE PRODUCIR Y FABRICAR DADOS COMO EL - MOSTRADO EN LA FIGURA.

Los diámetros de este dado pueden ser de:

1000

1300

1500

1800

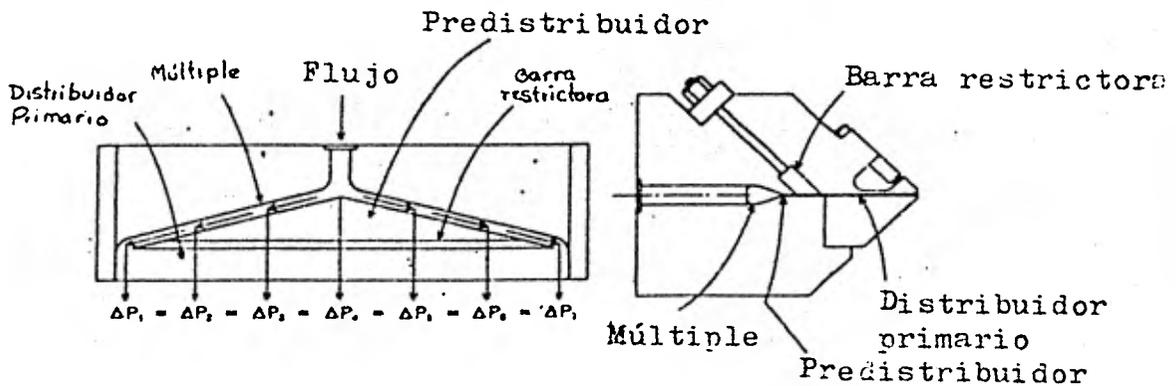
2200 mm

3). - Dados para extruir Película Plana y Lámina.

Dado: Los dados empleados para este proceso pueden ser de dos tipos:

- a). - Dados de paso directo de forma rectangular.
- b). - Dados para extruir película tubular en forma horizontal.

El objetivo normal es producir un espesor uniforme en la película o lámina en el orificio de salida del dado; este criterio se lleva a cabo igualando la presión en varios segmentos del dado. Ver figura V. 55.



V. 55

Las consideraciones generales para obtener un espesor constante son las siguientes:

El diseñador debe tomar en cuenta la medida del múltiple y su forma, - distribuidor (dimensiones), los huecos y finalmente los efectos del flujo, modificando accesorios como son las barras restrictoras y los labios ajustables.

El área más importante es la formada por el múltiple y el distribuidor (dimensionamiento).

En la extrusión de Lámina (mayor de 0.010"), las barras restrictoras normalmente son una parte integral del dado y pueden ser consideradas como una extensión del Distribuidor. Los ajustes de los sistemas de labios sólo se emplean cuando es necesario un ajuste fino modificando el flujo con el uso de la barra restrictora.

En película y lámina delgada (menor de 0.010"), muchos dados se fabrican sin aparatos restrictores y el producto depende del ajuste correcto que se haga de los labios.

Lo anterior es posible porque en un calibre delgado la presión de salida en el distribuidor primario es usualmente alta y entonces un cambio menor en el labio puede producir una modificación significativa en el flujo.

Como se hizo notar, otro proceso mediante el cual se puede obtener lámina o película es extruyendo el material en forma horizontal con un dado para película tubular y haciendo uso de cuchillas para cortar el producto y después doblarlo, pudiendo obtener anchos hasta de 180 cm. Ver figura V. 56.

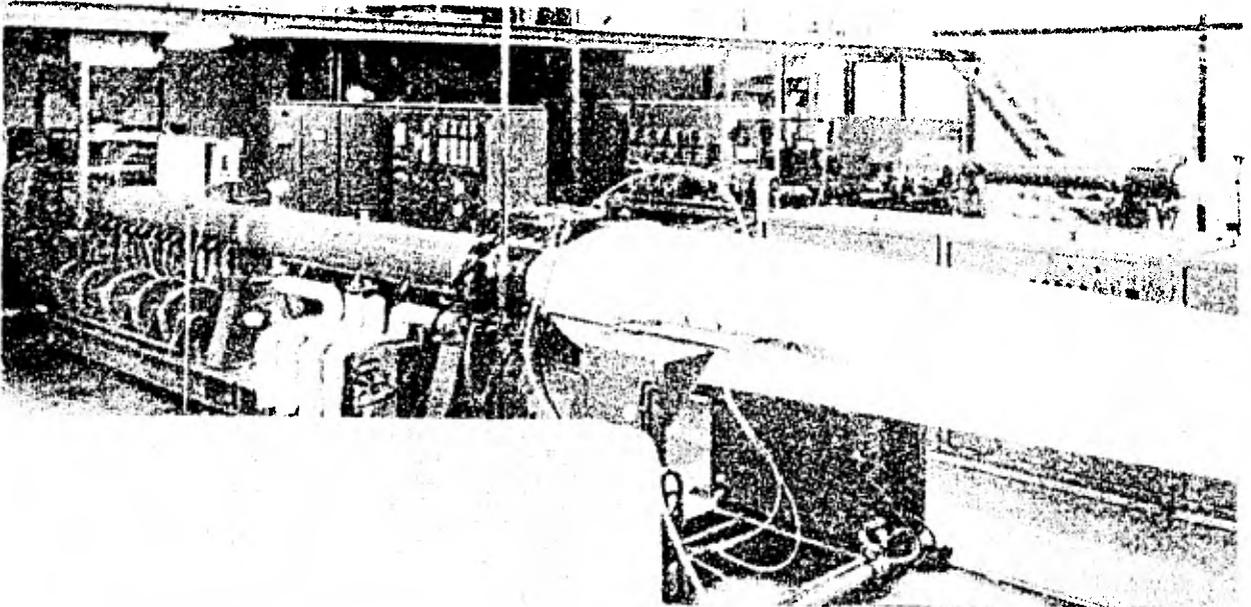
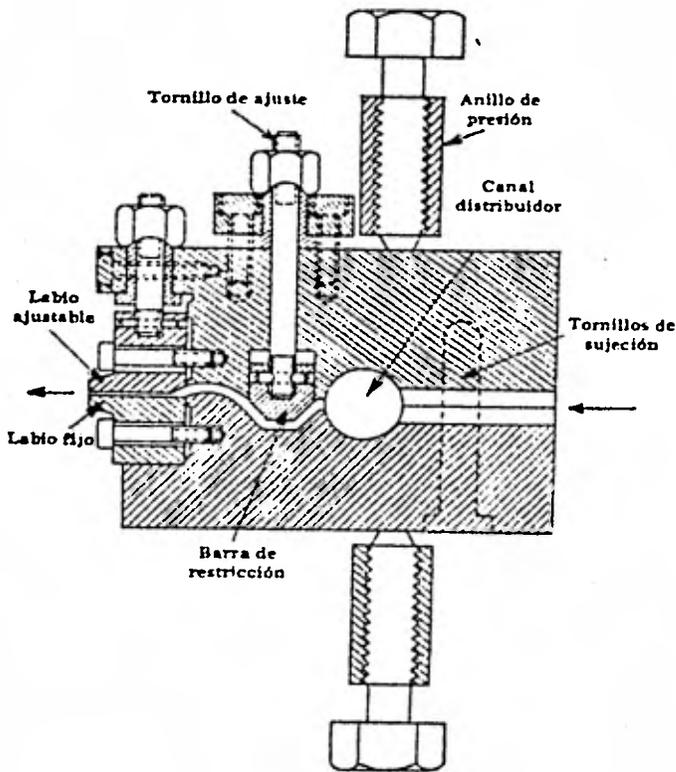


Fig. A. 56. — EXTRUSORA CON DADO PARA PELÍCULA Y TUBO DE ALAR HORIZONTAL. OBSERVIÉSE LA CUCHILLA DE CORTE DEL TUBO QUE SE OBTENGA UNA PELÍCULA DE 1.50 DE ANCHO.

Los cambios del espesor tanto película plana como para película se realiza por medio de tornillos de ajuste. Para película tubular, se logra variando la presión de l'aire que forma la burbuja.

Las siguientes dos matrices, están cortadas sucesivamente para ver las partes que las integran. En la figura A. 7, observamos un dado para extrusión de lámina; el material plástico, una vez que sale del tornillo, llega hasta el canal distribuidor de donde se distribuye a lo largo de toda la matriz. Por medio del tornillo de ajuste regulamos la cantidad de material

que fluye a través de los labios y que forma la película; ahora bien, la abertura de los labios determina el espesor de la película, espesor que se controla con tornillos de ajuste y con zonas de calentamiento a lo largo de la matriz.

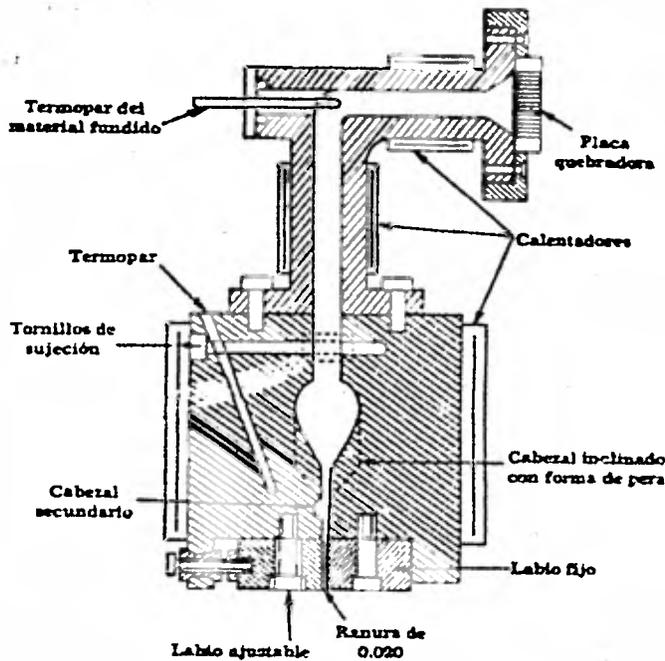


Dado del tipo de múltiple para la fabricación de lámina,
mostrando la restricción de barra ajustable

FIG. V. 57

La figura V. 58 es un tipo de dado usado para producir película plana. El material sigue un conducto de alimentación curvo que sirve para disminuir los disturbios en el flujo del material. Este diseño posee un cabezal inclinado y con forma de pera, que debido a su área decreciente ayuda, tam -

bién a uniformizar el flujo. Los labios son ajustables para poder variar el espesor de la película; el cabezal secundario sirve para absorber posibles disturbios que no se eliminaron con el cambio de dirección en la alimentación.



El dado más reciente de tipo de cabezal, para la extrusión de película plana, mostrando el cabezal inclinado y con forma de pera,

FIG. V. 58

En la figura V. 59 tenemos un diseño de dado que puede servir para extruir tanto película plana como lámina con espesores máximos de 0.040 pulg.; en este diseño el ajuste del espesor se realiza por ajuste por flexión del dado. Con color se indica el flujo del material plástico.

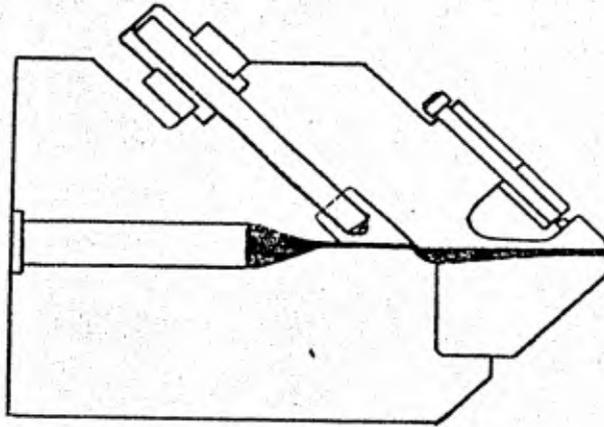


FIG. V.59

La figura V.60 es similar a la anterior, sólo que aquí el espesor máximo es de 0.25 pulg.

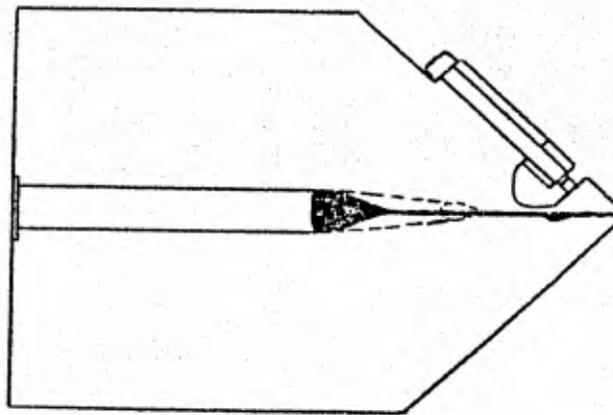


FIG. V.60

El ejemplo siguiente es un dado o matriz que sirve para extruir Placa (este producto tiene un espesor mayor de 6 mm) con ajuste doble, uno regula el flujo del material y el otro regula el espesor del producto extruído.

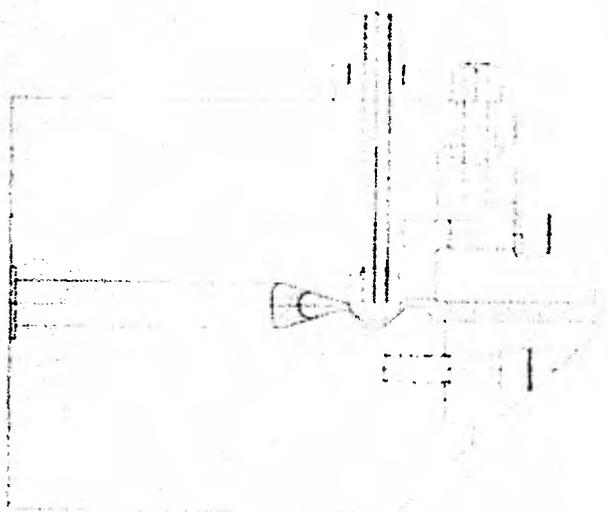
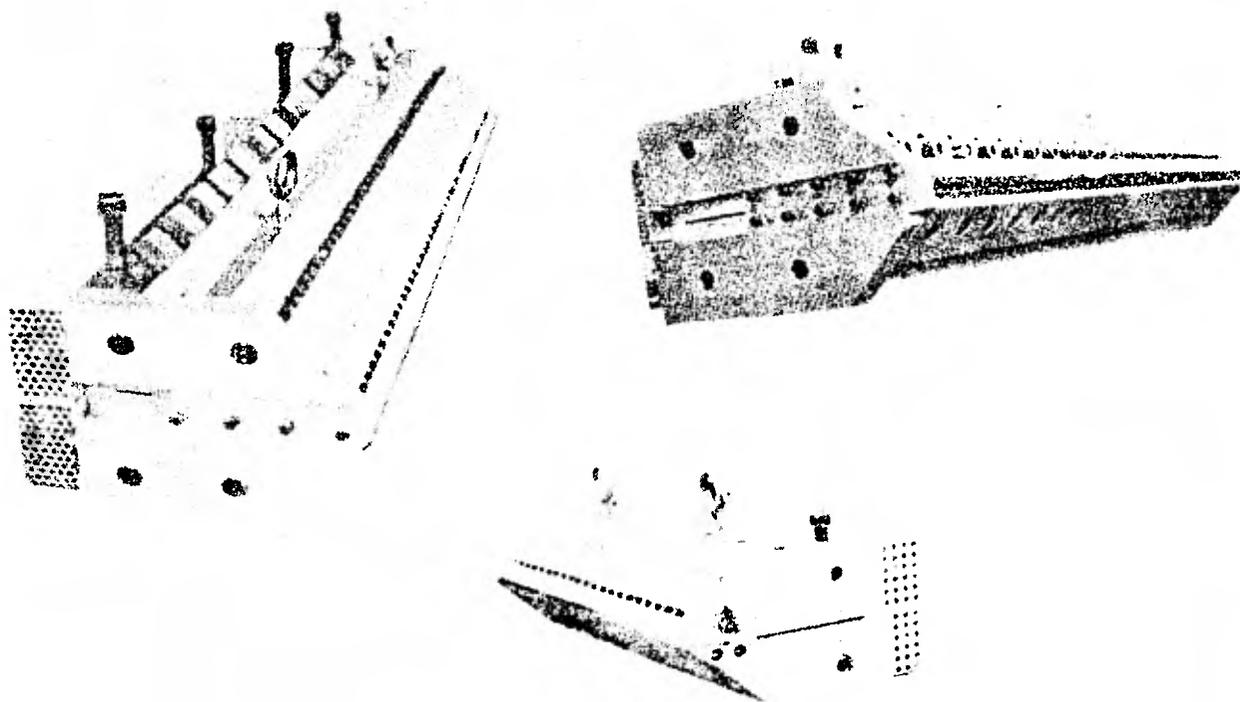
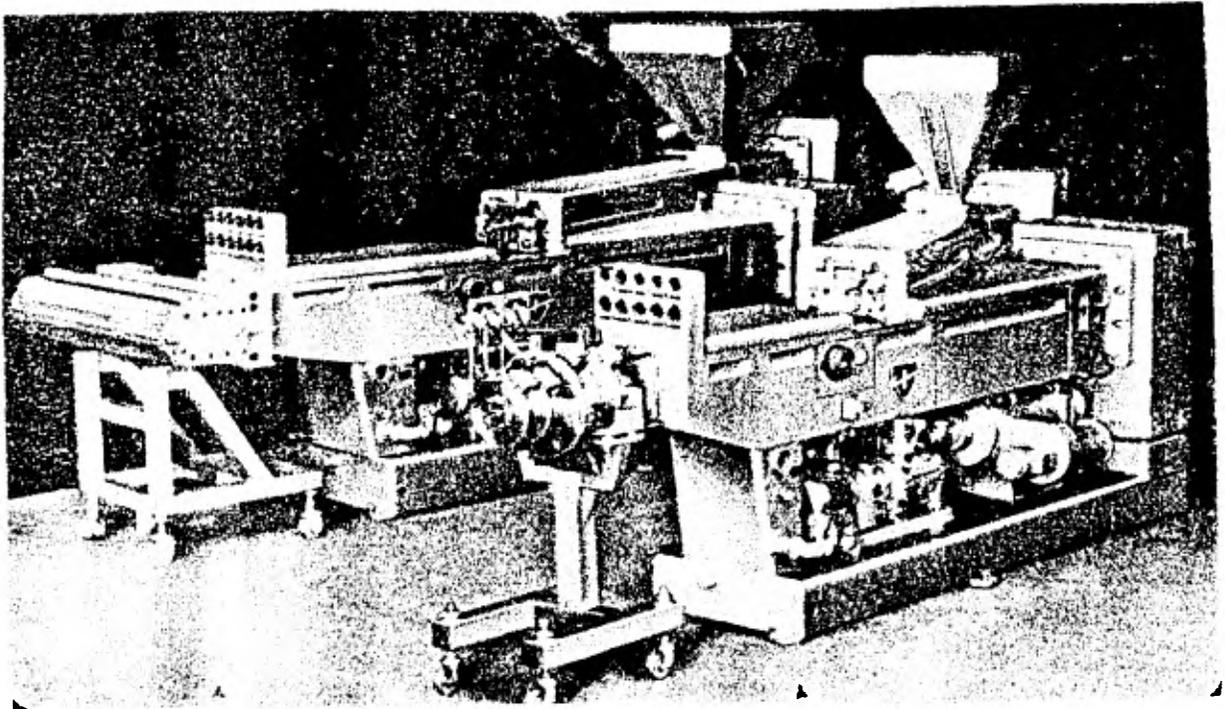


FIG. V. 61. - DADO PARA EXTRUIR PLACA.

Las figuras V. 62, V. 63, y V. 64 muestran la apariencia real de estos tipos de dados.



Finalmente presentaremos una extrusora completa para producir película plana y se parte posterior, donde se observan las extensiones para termopar que dan las lecturas de las temperaturas en todo el dado o material.



EXTRUSORA EMPLEADA
PARA PRODUCIR PELÍCULA
PLANA.

EXTRUSORA EMPLEADA PA
RA PRODUCIR TUBO.

FIG. A-65

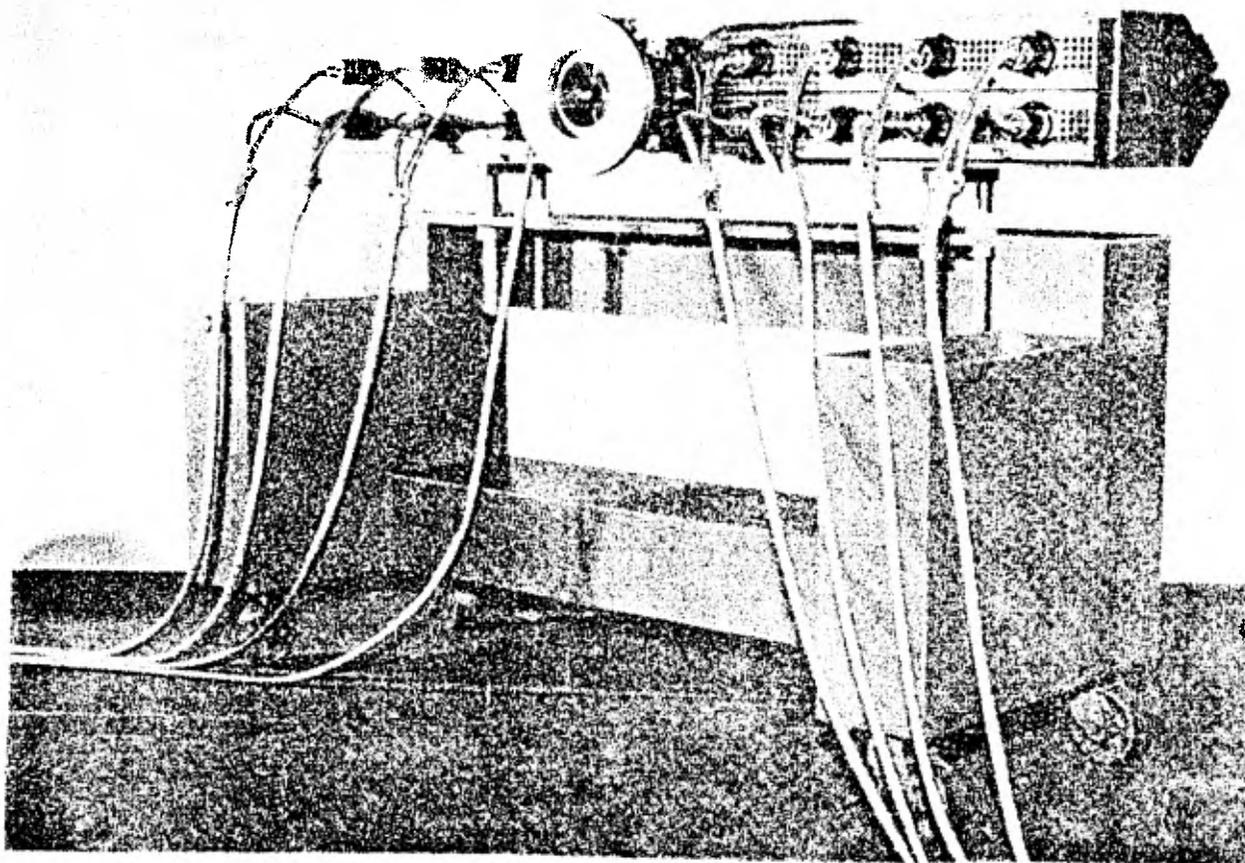


FIG. V. 66. - PARTE POSTERIOR DE UN DAÑO O MATRIZ EMPLEADO PARA PRODUCIR PELICULA PLANA: EN ESTA FIGURA SE OBSERVAN LAS EXTENSIONES DE LOS TERMOPARES QUE SERAN LOS ELEMENTOS QUE INDICAN Y A TRAVES DE LOS CUALES LA TEMPERATURA DEL MATERIAL PLASTICO SE PUEDA CONTROLAR.

4). - Dados para extrusión de Tubo.

Este tipo de dado es similar al empleado para recubrir o aislar alambre o cable; se diferencian en que en este proceso no se aísla o se recubre algo, sino solamente se obtiene un tubo termoplástico adecuado a necesidades específicas.

Para formar un tubo por extrusión son necesarios varios accesorios, entre ellos destaca el uso de mandriles, soportes de mandril o estrellas, tornillos para centrado y ensamble y conductos de aire.

Los tipos de dados empleados pueden ser de paso directo o de cabeza cruzada, aunque la elección de uno u otro tipo dependerá del espacio y capacidad de la planta.

En la siguiente figura se presenta un dado de paso directo.

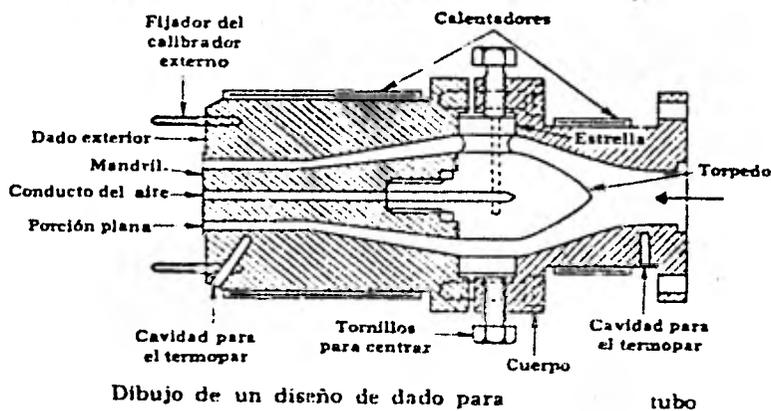


FIG. V. 67

Este dado consta del cuerpo que soporta la estructura principal, un mandril (formador), estrella, conductos de aire y tornillos para centrado.

El mandril, generalmente de acero para trabajo en caliente, es el accesorio que le da la forma y dimensiones al tubo junto con el dado exterior (anillo exterior). El mandril está soportado por la estrella, que unida a los tornillos para centrar, hace que la concentricidad del tubo sea la requerida.

El espesor del tubo formado lo dan las dimensiones tanto del mandril como del dado. El conducto de aire sirve para evitar que se formen vacíos al estar extruyendo el material y con esto originar rechupes en el producto.

A continuación se muestra otro tipo de dado de paso directo.

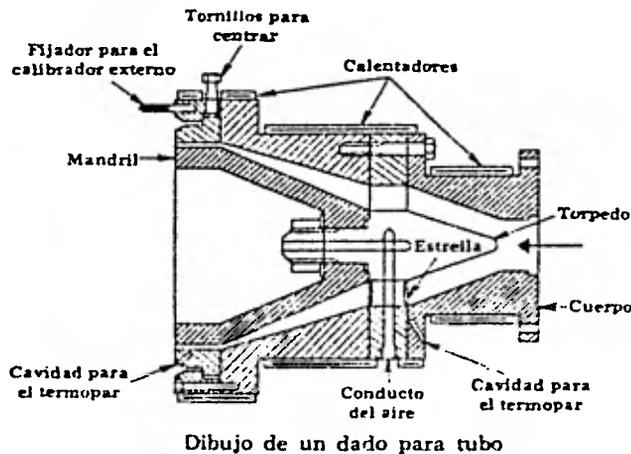


FIG. V.68

Como se observa los elementos que lo componen son similares a los ya descritos; en este caso el fijador, fija los tornillos para centrar una vez que el producto está obteniéndose concéntrico y de espesor constante.

La producción de tubo también puede lograrse con dados de cabeza cruzada. Ver figura V.69.

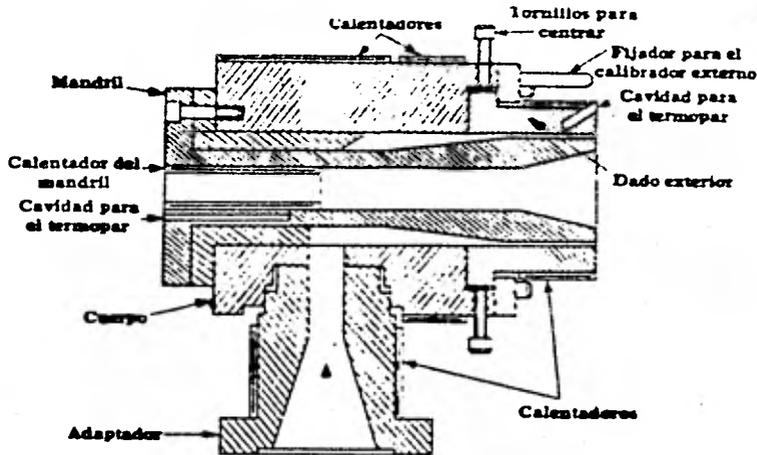


Ilustración de un dado para tubo de cabeza cruzada

FIG. V. 69

En el sistema de Cabeza Cruzada, los tornillos de ajuste se apoyan en el anillo exterior del dado, el cual está empotrado en el cuerpo del mismo y sujeto a su lugar por medio de un anillo mordaza. El mandril, que está fijo en la estrella, proporciona una construcción más rígida, necesaria para tubos de diámetro grande. El adaptador sirve para acoplar el cabezal de la extrusora al dado y para obtener una orientación correcta del flujo del plástico hacia el dado.

En este tipo de dado el centrado se realiza moviendo el dado exterior con respecto al mandril usando los tornillos de centrado; alrededor del dado se colocan bandas de calentadores de resistencia para que no existan gradientes de temperatura que afecten el material plástico; para regular la temperatura se instalan pirómetros.

Para finalizar esta parte, es necesario hacer notar que se puede extruir tubo con dados descentrados (ver figura V. 70), observándose que los

accesorios son similares.

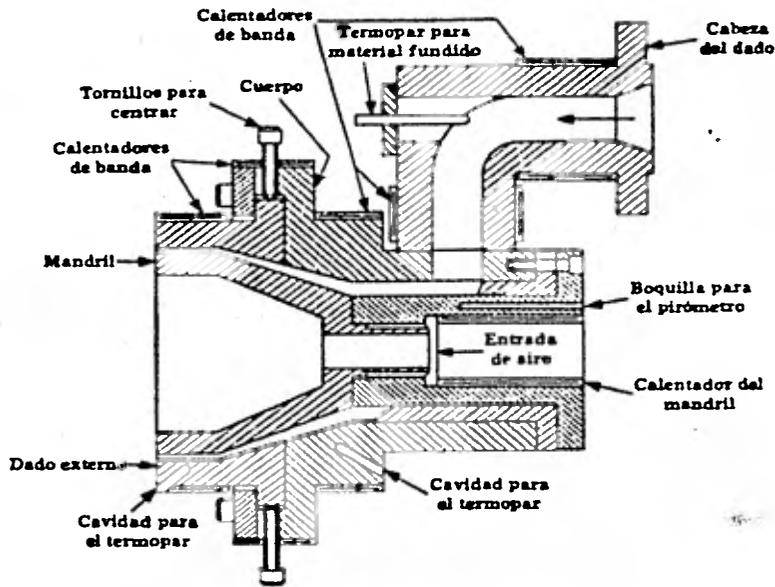


Ilustración de un dado descentrado para tubo

FIG. V.70

Este tipo de dado tiene instalado además, calentadores en el mandril de formado; el centrado se logra con los tornillos que ajustan el dado externo.

Como complemento para esta parte, es necesario saber que de la corrrecta elección del material para fabricar el dado, dependerá la calidad del producto extruído, es por ello que se recomienda utilizar acero rolado en caliente para bajas presiones y para altas presiones aceros tipo 4140.

5). - Dados para secciones sólidas o perfiles:

La construcción es en general similar a la de los dados para tubo, pero en éstos se han suprimido los mandriles y las estrellas.

Debido a la fricción sobre la superficie del material que pasa a través del dado, existe una marcada tendencia a tener un flujo mayor en las partes más gruesas del perfil del dado que en las más delgadas. De esto se desprende que la forma de salida no es similar a la del dado, como se muestra en la siguiente figura V. 71.

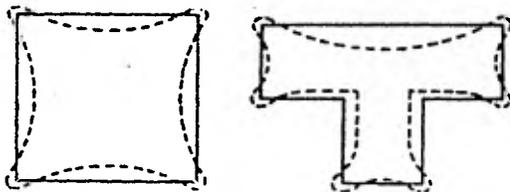
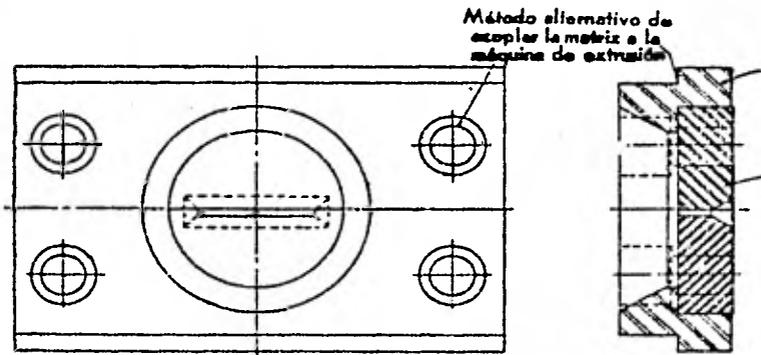


FIG. - V. 71. - ILUSTRACION QUE MUESTRA EN LINERAS PUNTEADAS EL PERFIL DE LA FORMA APROXIMADA DEL DADO NECESARIO PARA LAS SECCIONES QUE SE MUESTRAN CON LINEAS LLENAS.

En esta, las líneas llenas indican la forma del perfil requerido y las punteadas la forma del orificio del dado necesaria para producir la forma anterior descrita.

En general se funde la forma del dado en una aleación suave, usando una matriz de yeso de la sección requerida; dicho metal se puede limar y ajustarlo al perfil adecuado y posteriormente usarlo para corridas breves, si se encuentra aceptable se duplica en acero. Normalmente se deja un cierto exceso en el tamaño en las secciones que dejan el dado con objeto de mantener una tensión suficiente y evitar aflojamiento.

Las figuras que a continuación se mostrarán, presentan diseños hidrodinámicos similares aunque el uso sea diferente; pueden ser fabricados por medio de Electroerosión, debido a que el maquinado por otro proceso es complicado. Como se indicó en la parte relativa a diseño, el canal hidrodinámico ayuda a que el flujo del plástico sea uniforme y constante, obteniéndose a la salida del dado presiones iguales.



MATRIZ DE DOS PIEZAS COLOCADAS SOBRE BLOQUEO RETEN.
 FIG. V. 72. - VISTA DE FRENTE Y SECCION DE LA MATRIZ Y DEL BLOQUEO RETEN. ESTO PUEDE ACLARAR LOS METODOS DE ACOPLAR LA MATRIZ A LA MAQUINA.

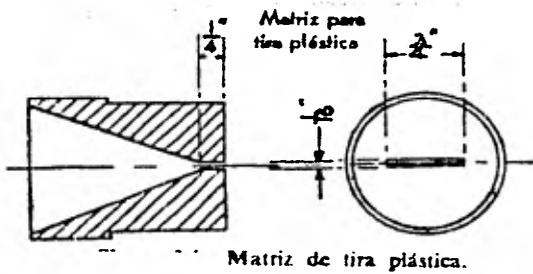
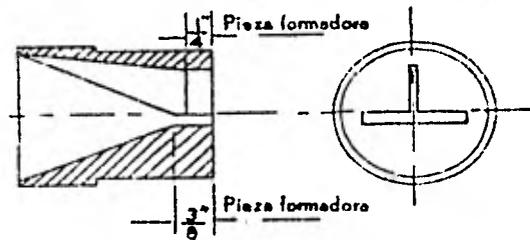


FIG. V. 73



Matriz para la extrusión de una forma en T uniforme.

FIG. V. 74



FIG. A. 75. - ALGUNOS TIPOS DE PERFILES COMERCIALES QUE PUEDEN OBTENERSE POR MEDIO DE EXTRUSION CON DATOS O MATRICES PARA PERFILES.

6). - Co-extrusión.

Actualmente el diseño de un dado se ha vuelto complejo y atiende un mayor número de demandas: es por eso y para finalizar este capítulo que dedicaremos esta parte a la Co-Extrusión.

La Co-extrusión es el proceso de extruir en un solo eje dos o más termoplásticos con la ayuda de una o varias extrusoras y con la ayuda de un Dado con dos o más canales de pasaje.

Este proceso es aplicable a la obtención de láminas multicolores, y de película tubular de colores, principalmente, aunque con un bien diseño puede adaptarse a otro proceso.

El proceso de Co-extrusión presenta como limitación la Viscosidad, debida a la combinación de dos o más materiales dentro de un dado; se recomienda utilizar rangos de viscosidades de 2 ó 3:1.

En la siguiente figura está el diagrama de co-extrusión en película tubular, la ventaja de este proceso es que se obtiene un mayor esfuerzo a la ruptura del material por la doble capa: tiene aplicación como empaque de productos delicados.

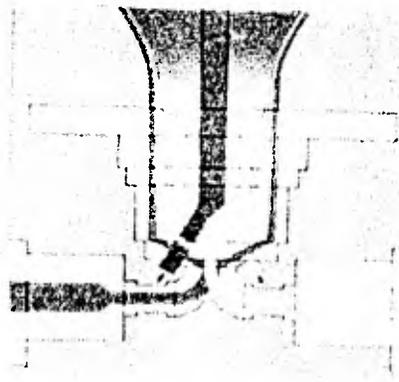


FIG. V.76. - PROCESO DE CO-EXTRUSION HACIENDO USO UNA MATRIZ CON CANAL DE PASAJE DOBLE Y DE DOS EXTRUSORAS.

El arreglo para la Co-extrusión puede ser el siguiente:

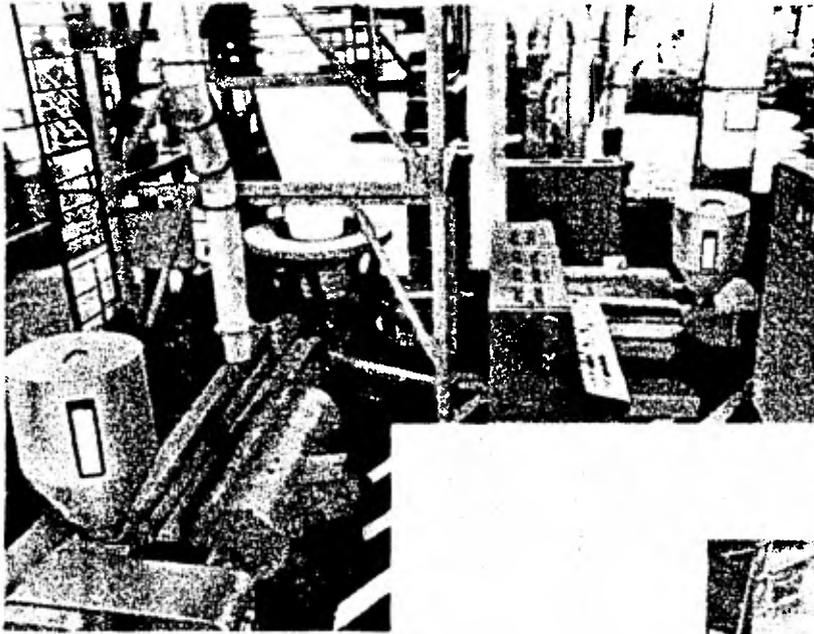


FIG. V. 77. - PRODUCCION DE PELICULA TUBULAR HACIENDO USO DEL PROCESO DE CO-EXTRUSION.

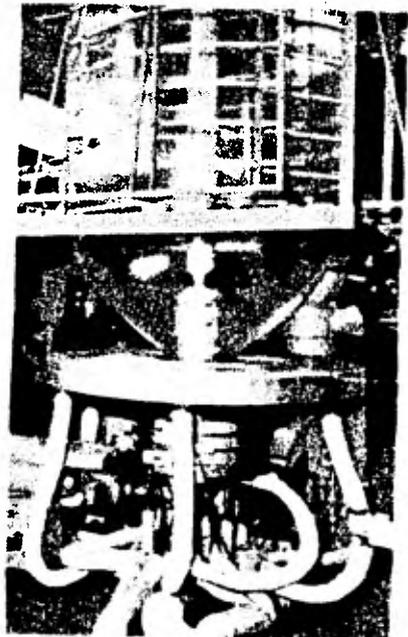


FIG. V. 78. - ASPECTO FISICO DE LA PELICULA TUBULAR OBTENIDA POR CO-EXTRUSION.

Si se construye un dado con dos o más entradas conectadas a canales separados y arreglados para que converjan exactamente antes de la porción paralela del dado y si las entradas están unidas a máquinas de extrusión separadas, alimentadas con materiales de diferente color, darán como resultado una extrusión multicolor.

En esta figura se muestran los arreglos de extrusores.

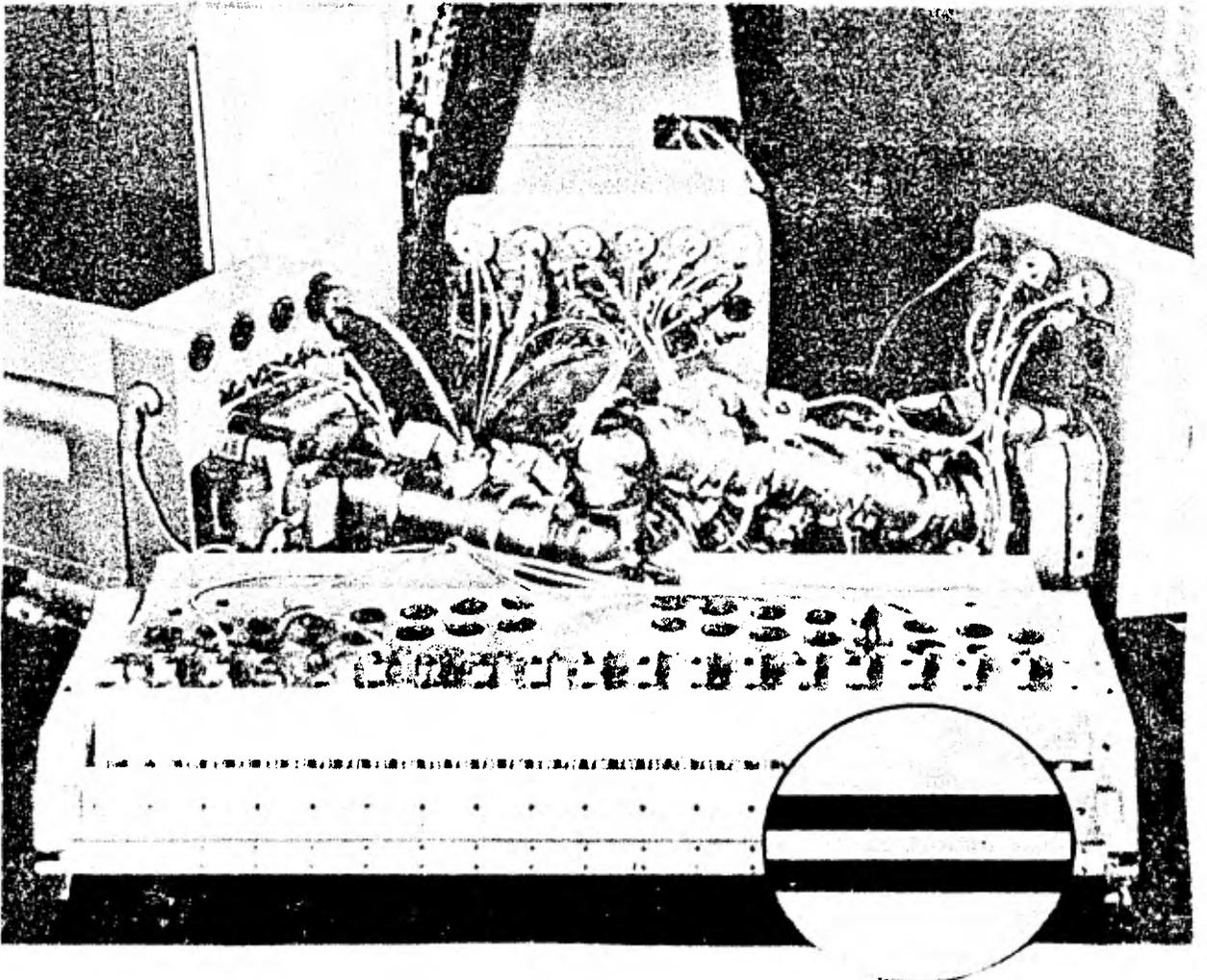


FIG. A. 79

Para este tipo de dados, es necesario:

- Control en las velocidades de descarga de las fuentes de alimentación.
- Ajuste de los canales de flujo relativos a la entrada de la porción paralela donde los materiales convergen.

Los usos son: cintas decorativas, molduras multicolores y tubo multicolor.

Como se observó a lo largo del desarrollo de este capítulo, los Dados o matrices son el herramental que le dará las características finales al producto extruído (apariencia, dimensiones, sección transversal, etc), de ahí la importancia de que al diseñar, comprar o bien fabricar un Dado, debemos tomar en cuenta los aspectos ya descritos.

CAPITULO VI

MAQUINAS ESPECIALES DE EXTRUSION.

VI. 1. - GENERALIDADES.

La creciente demanda de productos plásticos ha obligado a la industria a buscar y desarrollar nuevas técnicas para procesar termoplásticos.

Estas técnicas por supuesto deberán ser rentables a la vez que cumplan y satisfagan las especificaciones normalizadas para cada producto.

Así nos encontramos extrusoras que impulsan el plástico fundido por medio de tornillos múltiples, bombas de engranes ó pistones. Otras más aprovechan las propiedades viscosas y/o elásticas de los plásticos fundidos. O aquellas que funden el plástico por medio de fricción.

En general podemos decir que cada una de éstas diferentes técnicas tratan de aprovechar las propiedades de los plásticos y buscan obtener productos con características específicas.

VI. 2. - EXTRUSORAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

En las extrusoras de desplazamiento positivo la eficacia de transporte del polímero y la presión que éste recibe están poco afectadas por el comportamiento reológico del polímero utilizado; solamente en la zona de la boquilla la reología¹ del polímero tiene influencia sobre el proceso; ejemplo de éstas máquinas, son las extrusoras de pistón, las bombas de engranajes y los extrusores de doble tornillo acoplado, aunque estos últimos se consideran en el Cap. III.

EXTRUSORAS DE PISTON SENCILLO.

Este fue el primer tipo de máquina de extrusión utilizada con polímeros. Una de sus primeras aplicaciones fue en la fabricación del primer cable telegráfico submarino que se colocó entre Calais y Dover.

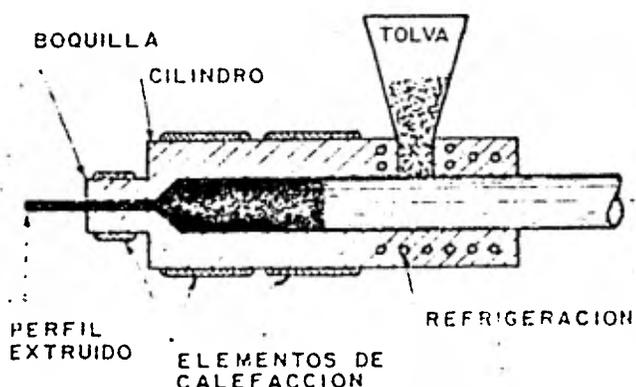


FIG. VI. 1. - EXTRUSORA DE PISTON SENCILLO.

¹ Reología. (Del gr. rhéos, corriente, y lógos, tratado.) Mecánica de los cuerpos deformables; en ellas se incluyen los problemas de elasticidad, viscosidad y fluidez.

El extrusor de pistón sencillo que se esquematiza en la figura VI. 1, se accionaba manualmente mediante un mecanismo de cremallera y piñón, aunque versiones posteriores incorporaron un sistema hidráulico para accionar el pistón, consiguiendo así una presión casi totalmente constante en la sección de entrada de la boquilla y una salida más uniforme.

Las ventajas que pueden señalarse para éste tipo de extrusoras son el control de la presión, que se consigue con gran precisión y con independencia de la temperatura de extrusión, así como no someter al polímero a grandes esfuerzos de cizalla, que podrían originar sobrecalentamientos locales indeseables. Las desventajas son, sin embargo, más significativas que las ventajas; el principal inconveniente es la discontinuidad del proceso. Otros inconvenientes que se señalan son los tiempos necesarios para calentar los polímeros, demasiados largos, la posibilidad de degradación de las capas del polímero en contacto con la superficie interna caliente del cilindro, la falta de homogeneidad térmica entre éstas capas y el polímero que ocupa la parte central del cilindro y, finalmente la posibilidad de atrapar aire en el seno del extrudado.

EXTRUSORAS DE PISTON MULTIPLE.

Empleando extrusoras con varios pistones de extrusión se pueden conseguir procesos de extrusión continuos.

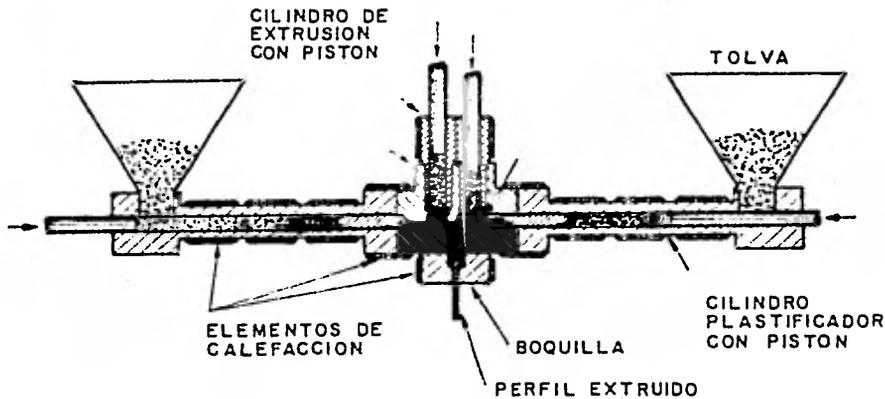


FIG. VI. 2. - EXTRUSORA DE PISTONES MULTIPLES.

La extrusora que se muestra en la figura VI-2, consta de dos cilindros de plastificación y dos pistones de extrusión más pequeños; los ciclos de trabajo de éstas cuatro unidades van alternados entre si.

La velocidad de extrusión en la boquilla se controla con la presión ejercida por uno u otro de los pequeños pistones situados encima del cabezal de la extrusora, y que a su vez van accionados por dos pistones hidráulicos idénticos. El cabezal y los cilindros de extrusión sirven como cámara reguladora para almacenar el material que ha sido previamente plastificado en los dos grandes pistones laterales; el elemento clave de la máquina es la válvula distribuidora que permite cargar los cilindros de extrusión solamente cuando es necesario y asegura en todo momento la alimentación de material a la boquilla de extrusión para conseguir un proceso continuo.

La presión y la temperatura del material termoplástico se regulan independientemente. Ha sido prácticamente eliminada la descomposición

del material, provocada por las enormes tensiones cortantes que sufre la masa, detalle que distingue ventajosamente esta máquina de las de husillo, disco e hidrodinámicas. Independientemente de la necesidad de disponer de cuatro unidades motrices, una para cada pistón, el mantener una presión constante en la boquilla mientras algunos pistones retroceden y otros avanzan es francamente difícil, por lo que la uniformidad en la velocidad de extrusión está totalmente descartada, lo que implica una mediana calidad en el producto extruído.

BOMBAS DE EXTRUSION.

Las bombas de extrusión son simplemente unas bombas de engranes; que se emplean para materiales termoplásticos que se plastifican fácilmente. Algunas veces se han considerado como un caso particular de extrusora de doble tornillo, en la que los tornillos giran en sentidos opuestos, engranados entre si; se puede considerar que el paso de rosca o avance teórico de la espiral (fig. VI-3) en esta extrusora es de 90° .

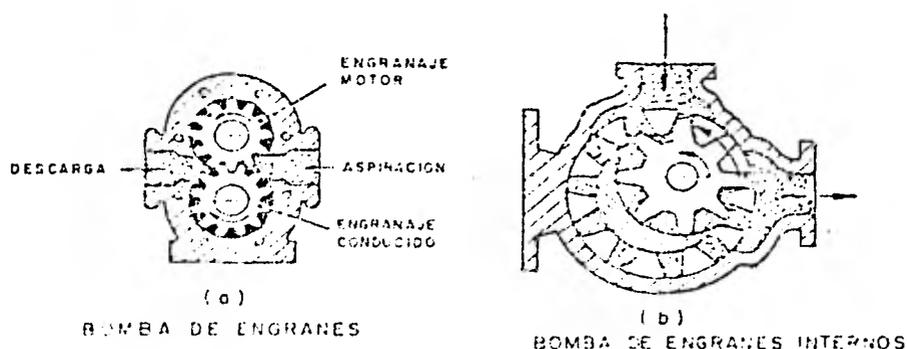


FIG. VI. 3. - BOMBA DE ENGRANAJES.

Este tipo de máquinas se usan con materiales de baja viscosidad (soluciones líquidas, poliamidas, poliésteres), y en ocasiones se usan en combinación con tornillos de extrusión situadas entre el extremo del tornillo y la boquilla.

Veremos a continuación una máquina de extrusión vertical cónica - con bomba dosificadora de engranajes, representada en la figura VI-4.

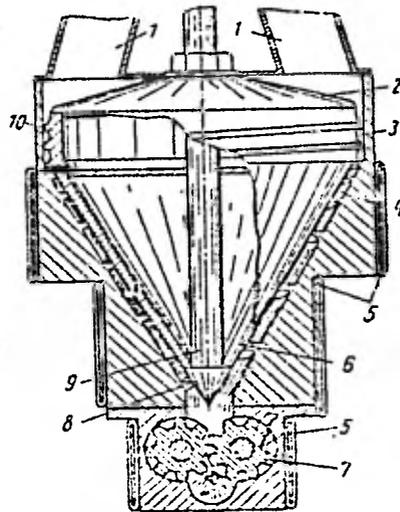


FIG. VI. 4. - EXTRUSORA VERTICAL CONICA CON BOMBA DOSIFICADORA.

Su rotor hueco consta del alimentador (parte cilíndrica) 10, tapa cónica 2, cono 6 con la superficie muy lisa, columna de unión 9 y cono de apoyo 8.

La superficie interior del cuerpo tiene un fileteado 4 de paso y profundidad creciente, hacia la abertura de salida del cabezal. El fileteado 3 - del alimentador es de paso y profundidad constante.

El material a transformar se carga a través de uno o varios cana-

les; seguidamente, debido a la rotación de la tapa cónica, es lanzado a la periferia, de donde lo recogen los filetes del alimentador. En seguida pasa al cono 6 donde se plastifica, comprime y homogeneiza; a medida que la masa desciende hacia el cabezal, disminuye el huelgo entre la superficie del cono y los vértices o crestas de los filetes.

Finalmente, la masa se inyecta a través del cabezal perfilador con ayuda de la bomba dosificadora 7, que elimina completamente las pulsaciones en la inyección, características de las máquinas verticales. Los calentadores eléctricos 5 mantienen la temperatura precisa en el cuerpo de la extrusora y de la bomba.

En el esquema de la figura VI-5 se presenta la bomba de Pasquetti con tres pares de engranajes. El material entra por presión o cae simplemente por acción de la gravedad —, en el espacio entre los dientes de la bomba, siendo transportado por la parte exterior de los discos dentados. Debido al perfecto ajuste entre los dientes y el cuerpo de la bomba la acción de transporte se debe sólo al empuje de los dientes sobre el material y el flujo de éste queda determinado por el número de revoluciones de los discos dentados, obteniéndose así un flujo de material esencialmente constante.

En la extrusora de Pasquetti las tres etapas de transporte constituidas por los tres pares de discos engranados tienen una profundidad de dientes cada vez **menor**, con objeto de que el volumen barrido por los dientes se adapte a la disminución del volumen que sufre el material desde que entra por arriba en forma granular hasta que llega fundido a la boquilla; desde

luego los tres pares de engranes giran a la misma velocidad. Otra razón para disminuir así la profundidad de los dientes es dar cierta presión al material fundido que le permita salir a través de la boquilla.

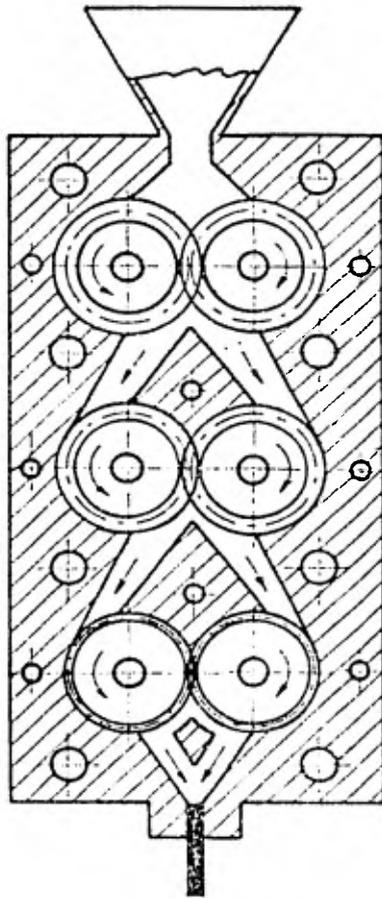


FIG. VI. 5. - EXTRUSORA DE ENGRANAJES DE PASQUETTI.

VI. 3. - EXTRUSORA ELASTODINAMICA.

Su funcionamiento descansa en aprovechar las propiedades viscoelásticas de los polímeros fundidos, en particular el fenómeno natural conocido como "efecto perpendicular" que se presenta cuando un material viscoelástico, tal como un polímero fundido, es cizallado entre un plano móvil y otro plano estacionario. En la fig. VI. 6 se ilustra este fenómeno, conocido como "efecto Weisenberg"; en ésta figura, un recipiente A, contiene un disco rotatorio B montado en un eje C, éste eje puede girar libremente y moverse verticalmente hacia arriba o hacia abajo en sus cojinetes. Si el recipiente se llena con líquido viscoelástico, por ejemplo, un polímero fundido y se hace girar el disco B se presenta el fenómeno indicado en la Fig. VI. 6 B, es decir, el líquido es arrastrado hacia el centro, entre el disco giratorio y el recipiente, obligando al disco a subir venciendo su propio peso. La fuerza que obliga a subir al disco es perpendicular al esfuerzo de cizalla, lo que da nombre a este fenómeno. Si como ocurre en la fig. VI. 6 C

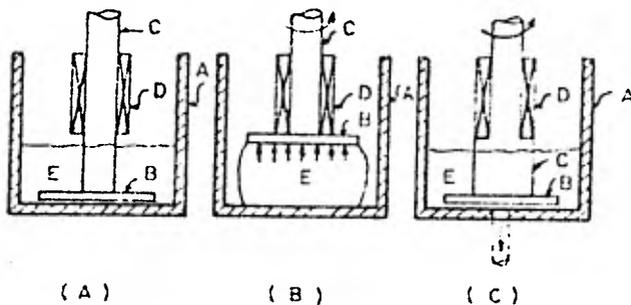


FIG. VI. 6. - APARATO PARA DEMOSTRAR EL "EFECTO PERPENDICULAR" EN UN MATERIAL VISCOELASTICO.

el rotor no puede subir, por lo que impide la construcción del aparato, y se práctica un taladro en el fondo del recipiente, la presión originada en el material provocará la extrusión del material a través del taladro cuando el disco gire.

El esquema de la Fig. VI.7 ayuda a comprender la causa del efecto perpendicular; si X_1 representa un punto de la superficie inferior del disco rotatorio e Y representa un punto de la superficie interna del fondo del recipiente, precisamente situado encima de X_1 en un momento determinado, un poco tiempo después X_1 se habrá desplazado a una nueva posición X_2 a lo largo de la curva $X_1 - X_2$; supuesto que el líquido es parcialmente elástico y que se adhiere a ambas superficies, éste líquido será estirado a lo largo de la línea $X_1 - X_2$ y la tendencia a la recuperación elástica dá lugar a una fuerza dirigida hacia el centro de rotación; ésta fuerza centrípeta así generada dá lugar a una presión entre el recipiente y el disco giratorio que tiende a separar a ambos; cuando mayor es el carácter elástico del líquido tanto mayor es la fuerza centrípeta y la presión originada, así como el flujo de material que sale por el taladro (Fig. VI.7 C). Por otro lado cuanto menor es la viscosidad aparente del líquido o fundido más fácil será el paso de éste a través del orificio. Por éstas razones se puede hablar de éste proceso como una "extrusión de un fundido elástico" o "extrusión elastodinámica".

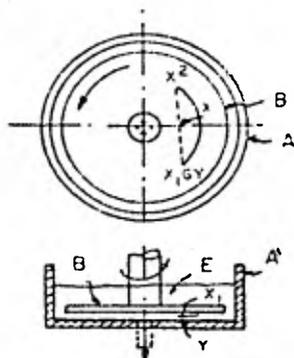


FIG. VI. 7. - EXPLICACION GRAFICA DEL EFECTO PERPENDICULAR.

La fig. VI. 8 representa una extrusora elastodinámica, mostrando la curva de la distribución de presión en ésta máquina. Consta de un grueso disco rotatorio que gira dentro de una cámara calentada; entre el disco y una pared de la cámara queda una pequeña holgura (0.8 a 3 mm.). El polímero sólido entra a la cámara por un borde del disco y funde al pasar alrededor de la zona periférica del disco rotatorio; cuando llega a la holgura se manifiesta el comportamiento viscoelástico y el nuevo polímero fundido que llega a la holgura empuja al que ya había hacia el eje del disco obligándolo a salir a través del orificio que constituye la boquilla.

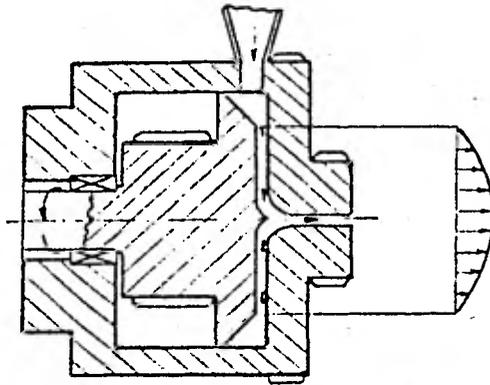


FIG. VI. 8. - EXTRUSORA ELASTODINAMICA.

Las ventajas de ésta extrusora son el corto tiempo de residencia del material desde que entra por la tolva hasta que sale por la boquilla (entre 40 y 10 segundos o incluso menor), la buena transmisión de calor desde la máquina al polímero, ya que éste se calienta en capas delgadas, el buen efecto de mezclado y dispersión que se consigue, la uniformidad del flujo que sale por la boquilla, la capacidad natural de ésta máquina para eliminar productos volátiles, flexibilidad de manejo y construcción.

La principal desventaja, es la pequeña presión de extrusión que se consigue. Para salvar este inconveniente se ha hecho una modificación (fig. VI. 9) en la que se incorpora un tornillo convencional de corta longitud para aumentar la presión de extrusión.

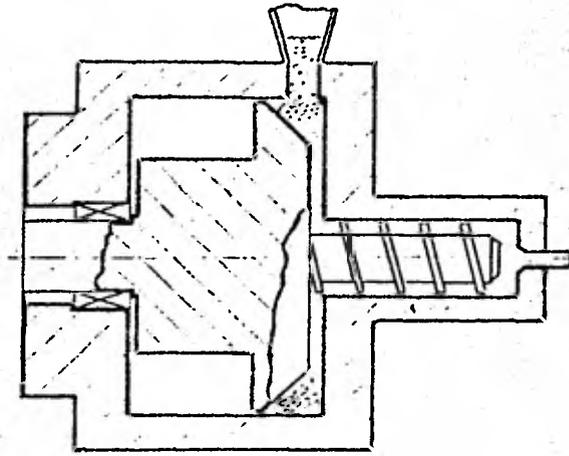


FIG. VI.9. - EXTRUSORA ELASTODINAMICA.

Otro inconveniente que se presenta, es la obturación de la alimentación debido al retroceso del polímero fundido hacia la tolva, como ésta va refrigerada con una espiral por la que circula agua, el polímero fundido se enfría y aglomera los gránulos sólidos taponando así la tolva. Este problema se evita colocando en la zona de alimentación un tornillo de gran diámetro para mantener al polímero fundido alejado de la tolva, Fig. VI.10.

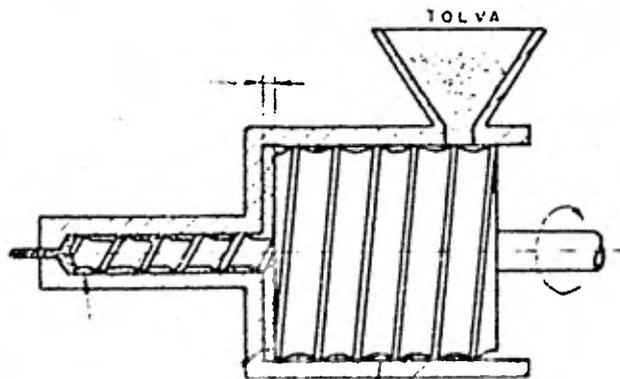


FIG. VI.10. - EXTRUSORA ELASTODINAMICA.

VL 4. - EXTRUSORAS HIDRODINAMICAS.

Es un tipo de máquina simple y efectiva. Debido a la corta permanencia del polímero en la máquina, se excluye prácticamente la destrucción térmica del material.

En ésta extrusora el bombeo del polímero fundido y la presión comunicada a éste se produce aprovechando las propiedades viscosas del polímero en vez de sus propiedades elásticas; el fundamento de operación de la extrusora hidrodinámica se muestra en la fig. VI.11.

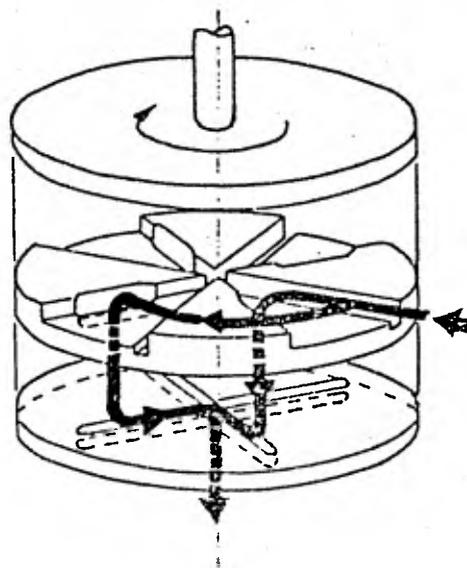


FIG. VI.11. - FUNDAMENTO DE OPERACION DE LA EXTRUSORA HIDRODINAMICA.

Consiste de una caja cilíndrica en la que se acopla un plato fijo, te -

niendo este plato entradas cortadas en segmentos alternados sobre el que gira paralelamente un plato plano; el material plástico se alimenta en el espacio entre estos dos miembros y se encuentra sujeto a continuo esfuerzo cortante por la acción del disco rotatorio, de manera que puede conseguirse un flujo grande de material de modo continuo y a presiones elevadas (hasta de 190 kg/cm^2 con polietileno de alta densidad).

Se ha encontrado que, localizando una serie de perforaciones en la placa escalonada fija a lo largo de los radios de los segmentos en su punto más bajo, se puede obtener un material extruído a presión que se puede transportar a un dado localizado convenientemente.

En la fig. VI. 12 se presenta un esquema de una extrusora construída de acuerdo con éste principio; puede desarrollar presiones hasta de 180 kg/cm^2 , que dependerán de la viscosidad del material, velocidad relativa y diferencia de alturas en el escalonado de la placa especial; además, puede regular fácilmente el régimen térmico, siendo mínima la permanencia del material en la zona de alta temperatura y la presión estable durante todo el trabajo.

Consta del rotor 3, calentador 2, árbol 1, placa especial 6 con los correspondientes orificios de salida 7, cabezal perfilador 8, camisa de agua 4, tolva 5 y un disco fijo 9 con sus correspondientes calentadores 10. El material de la tolva pasa al huelgo entre el rotor y la placa especial, a continuación se calienta, funde, homogeneíza y se inyecta a través del orificio perfilador del cabezal, situado en el centro del disco fijo. El recorri-

do del material está indicado con flechas.

La fig. VI. 12 b representa la placa especial, acompañada del diagrama de presiones 14, durante la inyección del material, a lo largo de los canales de salida. El material pasa a través de los orificios de carga 11 y de salida 12 y se inyecta por los canales cruciformes 13 hacia el centro de la placa especial (por el lado posterior).

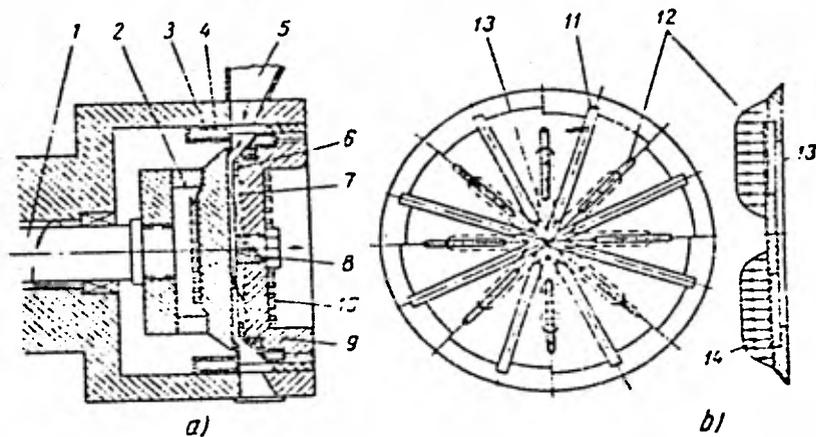


FIG. VI. 12. - EXTRUSORA HIDRODINAMICA.

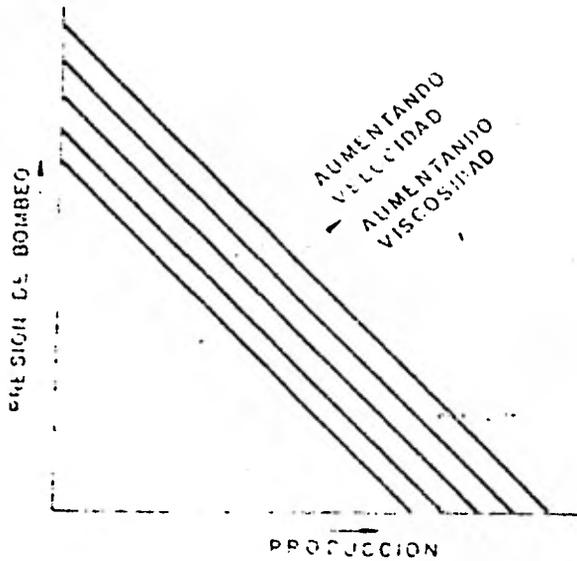


FIG. VI. 13. - CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA EXTRUSORA HIDRODINAMICA.

Las características del funcionamiento de ésta extrusora hidrodinámica se asemejan a las de la extrusora de un tornillo, en cuanto que la presión de extrusión es inversamente proporcional a la velocidad de extrusión (Fig. VI. 13).

La holgura entre el rotor y la placa especial puede ser corregida mientras la máquina está en funcionamiento.

VI. 5. - OTROS TIPOS DE EXTRUSORAS.

EXTRUSORAS DE FRICCIÓN VISCOSA.

En éste tipo de extrusoras de acción de transporte se consigue aprovechando las características físicas del polímero y la fricción de éste contra las paredes metálicas de los elementos transportadores de la máquina. En éstas extrusoras, además de la acción de transporte, se produce un trabajo mecánico sobre el polímero debido a los esfuerzos de cizalla que se provocan en el material pastoso y de elevada viscosidad; éste trabajo mecánico se transforma en calor por fricción en el seno del propio polímero, el calor así originado es una parte muy importante de la cantidad total de calor aportado en la máquina para la fusión y calentamiento del polímero; ejemplo de éstas son las extrusoras de tambor giratorio, extrusoras de rodillos, etc.

EXTRUSORAS DE DISCO ROTATORIO.

Es un tipo de máquina que consiste en un disco rotatorio (fig. VI. 14), rodeado por un cuerpo estático que puede calentarse o enfriarse para controlar la temperatura; entre el tambor rotatorio y el cuerpo de la máquina queda una pequeña holgura radial en la que se introduce el material termoplástico procedente de la tolva de alimentación; el polímero es arrastrado por el disco giratorio aproximadamente en unas tres cuartas partes de la circunferencia, durante cuyo trayecto es plastificado por el calor generado por fricción y transmitido por conducción desde el cuerpo de la máquina; -

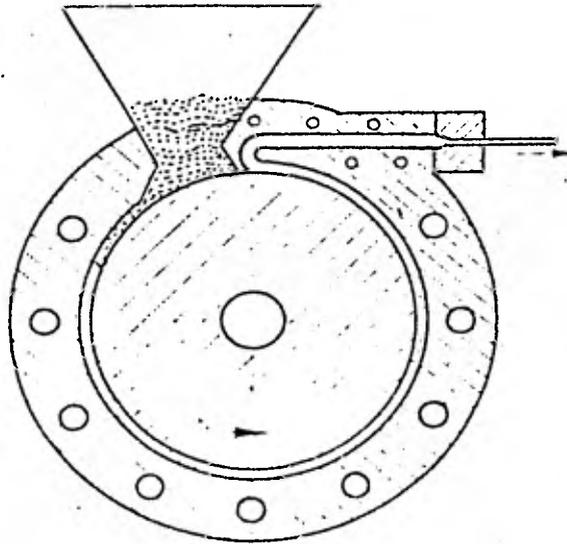


FIG. VI. 14. - EXTRUSORA DE DISCO ROTATORIO.

el polímero fundido es separado de la superficie del disco rotatorio mediante una pieza en forma de cuchilla y conducido después hacia la boquilla.

EXTRUSORAS DE RODILLOS.

La máquina consiste en dos rodillos mezcladores ajustados con una caja provista de una boquilla de salida (fig. VI. 15).

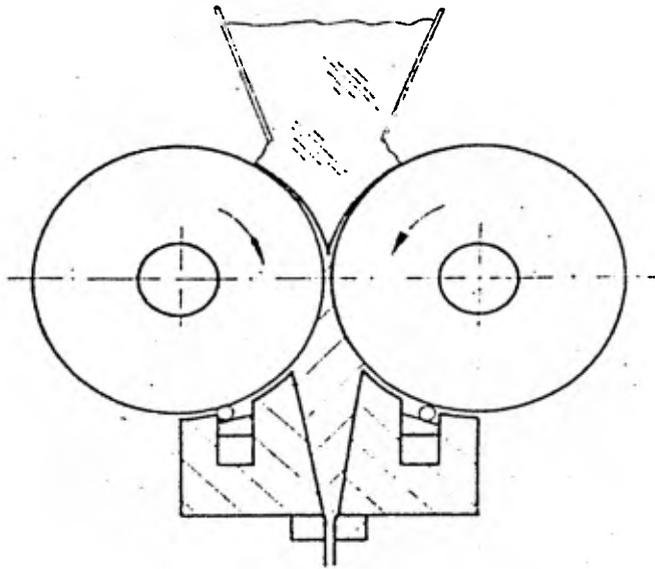


FIG. VI. 15. - EXTRUSORA DE RODILLOS.

Se han revisado las posibilidades de éste tipo de extrusoras para la extrusión de materiales termoplásticos. En éste caso el polímero sólido se alimenta entre dos rodillos por la parte superior; el material es sometido a intensos esfuerzos de cizalla y a calentamientos entre los rodillos calientes y para fundido a la cámara inferior venciendo la presión creada en ésta y saliendo finalmente extruído por la boquilla, unas placas laterales, apretadas firmemente sobre la superficie superior de los rodillos, forman una cámara de la que el polímero no puede salir si no es a través de la boquilla.

Aunque ésta máquina no se ha comercializado y sólo se han construido prototipos de ella, parece tener algún interés práctico, en particular -

por sus posibilidades para aceptar una gran variedad de tipos de materiales.

En general la extrusora de dos rodillos constituye un sistema mecánico - - muy sencillo, que funciona razonablemente bien y proporciona producciones análogas (kg/hora) a las extrusoras de tornillo de dimensiones similares, - pudiéndose además construir a costos competitivos con los de otros tipos - de extrusoras.

CAPITULO VII.

PROCESOS RELACIONADOS CON LA EXTRUSION.

VII. 1. - GENERALIDADES.

Aquí se ha querido presentar aquellos procesos que en alguna manera pudiera relacionarse con la extrusión de Termoplásticos. Como se ha observado el proceso de extrusión de tuberfa, láminas, películas, placas, perfiles, filamentos, así como recubrimiento de alambres, cartón, telas, etc., es prácticamente un proceso continuo para lo cual es necesario un arreglo de maquinaria y accesorios para alimentación de materias primas, extrusoras y equipo que recoge y/o almacena el producto.

En el caso del moldeo de termoplásticos específicamente vemos que se trata de un proceso intermitente ya que el producto se obtiene por piezas (de acuerdo a la cantidad de cavidades del molde) en cada ciclo de operaciones.

VII. 2. - MOLDEO POR SOPLADO.

El procedimiento consiste en inflar con aire una pieza tubular de material termoplástico fundido, la cual se produce en un extruder después de pasar por un dado anular.

Esta pieza tubular en bruto, llamada "párison" o preforma, es atrapado entre dos secciones huecas de que se compone el moldeo y al inyectar le aire a presión, se obliga al material plastificado a tomar la forma del referido molde. Después la pieza es enfriada y expulsada al abrir el molde. Del espesor de la preforma depende el espesor de la pared del artículo que se obtiene.

La aplicación de aire a presión, se efectúa a través del mandril del cabezal por medio de una boquilla o una aguja hueca. En algunos casos, el soplado se realiza por el desprendimiento de gas al calentar una pastilla colocada previamente en el párison, o bien por agentes líquidos que al mismo tiempo aceleran el proceso de enfriamiento del artículo.

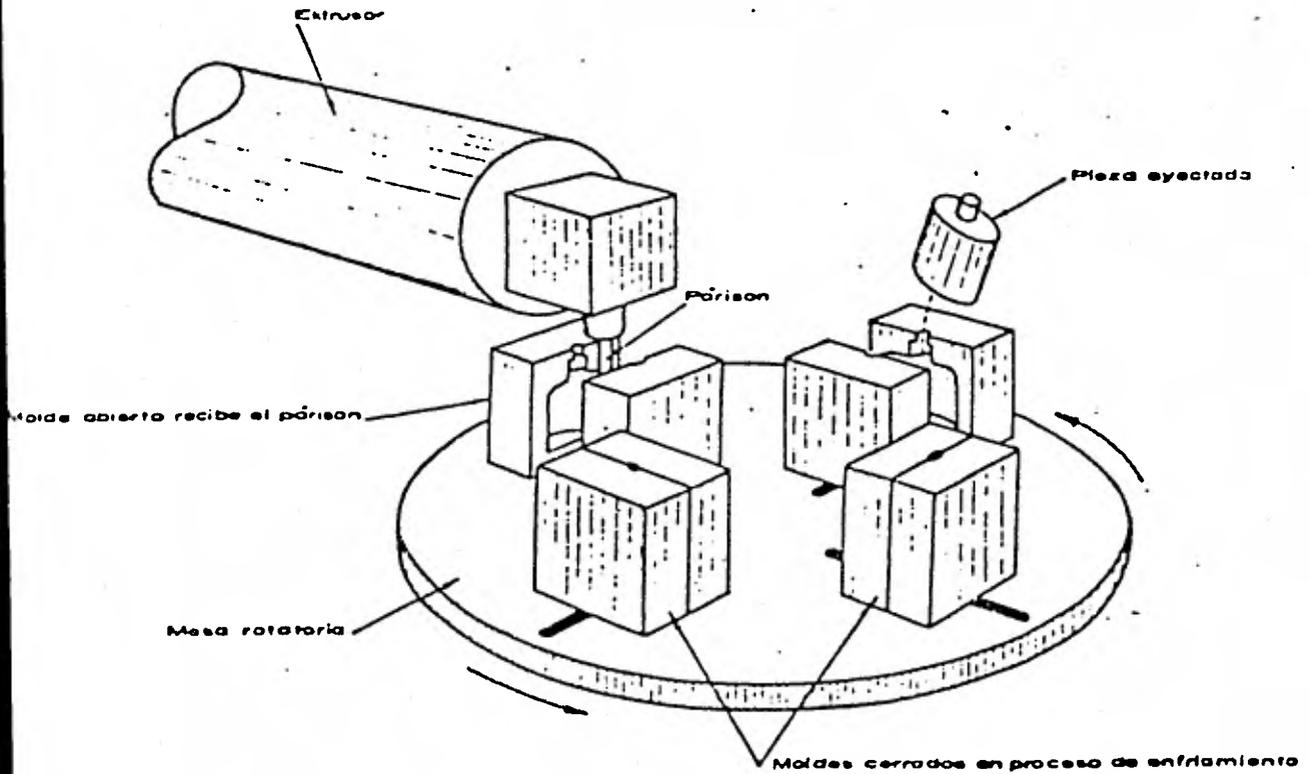


FIG. VII. 1. - MOLDEO POR SOPLADO.

En la figura VII. 2, tenemos un cabezal angular 5, acoplado a un molde de soplado, mostrando la extrusión de la pieza tubular bruta 2 que pasa a la cavidad del molde abierto 1. A la vez que el mandril 7 es empujado hacia abajo por la masa que inyecta el husillo y comprime los muelles del platillo 6. Una vez que la pieza bruta alcanza la longitud necesaria funciona el mecanismo de cierre juntando ambas mitades del molde y cortando la pieza bruta con las aristas 4. A continuación se aplica una presión de aire por la válvula 10 y el tubo 9 para transformar la pieza y obligarla que entre

en contacto con el molde. Durante el moldeo se detiene el husillo y se alivia la presión del cabezal. El mandril 7 sube por acción de los muelles 6 cerrando la abertura anular del cabezal y evitar fugas de material durante el moldeo. El tubo 9, el mandril 7 y el núcleo 8 que moldea el cuello de la botella son refrigerados con aire y la pieza terminada se refrigera con agua fría que circula por los canales 3.

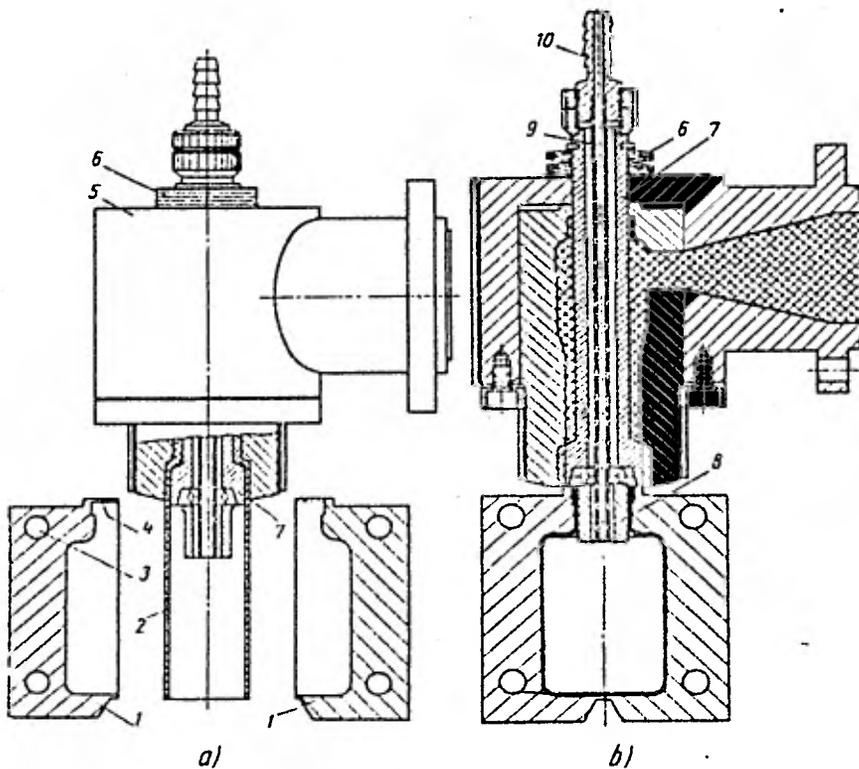


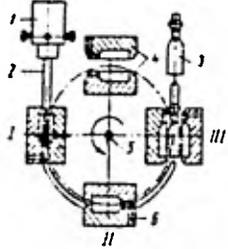
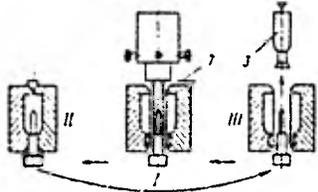
FIG. VII. 2. - CABEZAL ANGULAR:

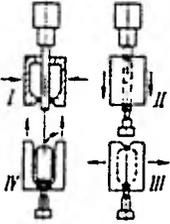
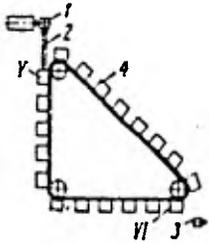
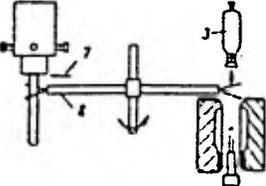
a). - EXTRUSION DE LA PIEZA EN BRUTO; b). - SOPLADO Y REFRIGERACION DEL ARTICULO.

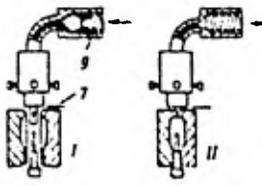
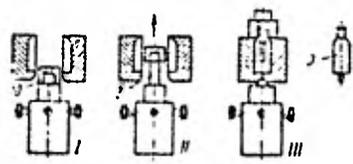
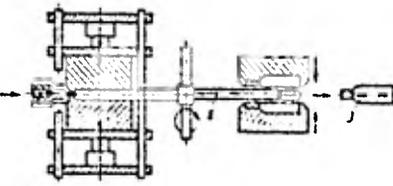
Por medio del proceso de soplado se pueden producir artículos huecos de material termoplástico. Tales como botellas, juguetes, uniones para tubos, recipientes, envases de forma rectangular, cilíndricas, esféricas, - que pueden utilizarse para la conservación y transporte de productos líquidos (leche, productos de perfumería, vinos, aceites, etc).

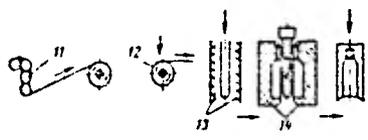
En la tabla VII. 1 se dan algunos procedimientos usuales para el moldeo de artículos huecos por soplado. Describiendo el método brevemente - con sus ventajas y desventajas.

Ilustración de procedimientos para el moldeo de artículos huecos por soplado. Tabla VII. 1.

Esquema	Descripción del método	Ventajas	Inconvenientes
	<p>Los moldes 4 giran en torno a un eje horizontal 5. La extrusión de 2 es continua hacia abajo. Las posiciones I y II corresponden respectivamente al cierre del molde y al soplado (el aire se inyecta a través de una aguja introducida en el canal 6); en la posición III la pieza moldeada 3 se expulsa rápidamente al abrirse el molde.</p>	<p>La producción de la máquina aumenta proporcionalmente al número de moldes y a la velocidad de rotación. Y resulta innecesario el dispositivo que transporta la pieza hacia el molde. Recuperación inmediata del material de desecho. Resulta muy económico y se usa para grandes series.</p>	<p>La necesidad de un acabado mecánico que puede ser laborioso.</p>
	<p>Los moldes giran alrededor de un eje vertical, la extrusión de 2 es continua hacia abajo. Las posiciones I y II corresponden al cierre del molde, cortado de la pieza en bruto con la cuchilla 7 y soplado del artículo. En la posición III la pieza moldeada se expulsa al abrirse el molde.</p>	<p>La producción aumenta proporcionalmente al número de moldes y a la velocidad de rotación. Se emplea en gran escala en la producción de grandes series.</p>	<p>Velocidad de extrusión limitada; si es excesiva puede chocar la pieza contra el molde, creando problemas. Resulta complicado montar el dispositivo de corte.</p>
	<p>Dos moldes se mueven alternativamente. Las operaciones se efectúan consecutivamente en el mismo orden que en el caso anterior.</p>	<p>Una sola prensa puede servir para alimentar dos moldes.</p>	<p>No se pueden utilizar más de dos moldes. Velocidad de extrusión limitada por el mismo motivo que en el caso anterior.</p>

Esquema	Descripción del método	Ventajas	Inconvenientes
	<p>Los moldes se desplazan con aceleración hacia arriba y abajo, la extrusión es continua. El molde sube, se cierra, y corta la pieza (posiciones I y II), a continuación desciende rápidamente y se efectúa el soplado, refrigerado y descarga (posición III y IV).</p>	<p>Se utiliza para series relativamente pequeñas. La producción con un juego de moldes completo es elevada. Las piezas que componen el artículo pueden obtenerse mediante moldeo.</p>	<p>La producción está limitada por no poder aumentar el número de moldes.</p>
	<p>La extrusión de 2 es continua hacia abajo. Los moldes 4 se desplazan continuamente por medio de un transportador de cadena. En la posición V los moldes se cierran y en la posición VI se abren para expulsar la pieza acabada 3.</p>	<p>Producción elevada, proceso continuo; posibilidad de moldear piezas de diferente configuración de un mismo peso. Se hace innecesario el dispositivo para transportar la pieza al molde.</p>	<p>Necesidad de gran cantidad de moldes. Los moldes dispuestos en el plano inclinado no se aprovechan para el moldeo y la refrigeración. El suministro del agua refrigerante resulta complicado.</p>
	<p>La pieza en bruto se corta con 7 y se transporta por medio del dispositivo 8 hacia la cavidad del molde, que puede ser fijo o móvil.</p>	<p>La producción aumenta proporcionalmente al número de moldes y a la velocidad de desplazamiento de las piezas en bruto. La posibilidad de efectuar un soplado descendente, así como la facilidad de calentar la pieza para el soplado.</p>	<p>La velocidad elevada de transporte necesaria para evitar el enfriamiento de la pieza en bruto.</p>

Esquema	Descripción del método	Ventajas	Inconvenientes
	<p>La extrusión de la pieza en bruto es periódica mediante el desplazamiento del husillo 9 hacia la izquierda (posición I). El husillo regresa a su posición inicial durante los ciclos correspondientes al soplado y refrigeración (posición II).</p>	<p>La instalación puede utilizarse para la transformación de diversos materiales termoplásticos, incluido el cloruro de polivinilo rígido, en artículos de cualquier forma. La velocidad de extrusión es regulable.</p>	<p>El volumen de material está limitado por la carrera del husillo.</p>
	<p>En la posición I se obtiene por inyección el cuello 10 de la pieza. A continuación se obtiene periódicamente por extrusión la pieza tubular 2 y se moldea por soplado (posiciones II y III).</p>	<p>La forma y dimensiones del cuello pueden ser fácilmente controladas y modificadas.</p>	<p>Pérdidas de material a través del huelgo formado entre el molde y el cabezal. La dificultad de controlar el espesor de las paredes del artículo debido a la extrusión discontinua de la pieza en bruto.</p>
	<p>La pieza en bruto se moldea por inyección y es transportada con el mandril al molde de soplado, donde se le aplica presión de aire para darle la forma definitiva.</p>	<p>Buena calidad sin acabado mecánico. El espesor de las paredes se regula y controla con facilidad.</p>	<p>Elevado precio de los moldes. Su empleo está limitado por el reducido tamaño de los artículos que puede fabricar. Resulta difícil transformar materiales de alta viscosidad.</p>

Esquema	Descripción del método	Ventajas	Inconvenientes
	<p>El material enrollado se obtiene en una calandra 11 o una extrusora. A continuación se toma de la bobina 12, se corta, se prepara en forma de un cilindro, se calienta en el dispositivo 13 y se sopla en 14.</p>	<p>A pesar de que la extrusión de las láminas y el moldeo se llevan a cabo por separado, ambos procesos pueden ser efectuados en una misma empresa. La fabricación de artículos de pared delgada resulta muy económica. En la actualidad están resueltos felizmente todos los problemas relacionados con la inyección y extrusión de las piezas en bruto.</p>	<p>La necesidad de efectuar un calentamiento complementario debido a la división del proceso en dos etapas. La profundidad del orificio de entrada está condicionada por el grosor de la lámina a moldear. El método no está indicado en la fabricación de artículos de pared gruesa. Los desechos son considerables y la calidad de los artículos no es muy buena.</p>
	<p>La pieza en bruto 15 se fabrica previamente por extrusión, luego se coloca en la hilera 16, se calienta y moldea por soplado.</p>	<p>Puesto que las operaciones de extrusión y soplado se efectúan por separado, este último no reduce el rendimiento de la extrusora. La producción es alta. Los desechos mínimos.</p>	<p>Resulta difícil regular el espesor de la pieza en bruto. Aumenta el consumo de calor debido al calentamiento complementario de la pieza en bruto. Dificultad en la obtención de una calidad y un espesor determinados.</p>

PROBLEMA MAS COMUN EN EL PROCESO DE SOPLADO.

El factor que es el más crítico en las operaciones de moldeo por soplado que en los procesos de extrusión normal, es la temperatura del material fundido. Los materiales de baja viscosidad a altas temperaturas producen artículos con un buen acabado en la superficie y excelentes propiedades de resistencia. Sin embargo al tener temperaturas demasiadas altas, la pieza tubular en bruto sufre deformaciones en el espesor siendo ésta inútil para el proceso de soplado.

Las altas temperaturas de fusión retrasan el tiempo de producción y tienden a aumentar el encogimiento del producto terminado al enfriarse. En el caso de materiales sensibles al calor, como el cloruro de polivinilo y de hecho, también con otros materiales se corre el riesgo en la degradación térmica cuando las temperaturas son altas. Por otra parte con bajas temperaturas se evitarían los problemas anteriores, el inconveniente es la mala calidad y bajas propiedades de resistencia, aunque algunas veces se usa una alta presión de soplado para reducir o evitar éstos efectos.

Por lo tanto, para obtener los mejores resultados con respecto a la apariencia, las propiedades de resistencia y velocidades de producción, una máquina de extrusión para el moldeo por soplado se debe diseñar para suministrar material a una temperatura de fusión regulada en el punto de fusión cristalina o ligeramente arriba, para dar una estructura orientada al material y una mayor resistencia.

Prácticamente esto se consigue con un husillo de corte profundo, con

zona de dosificación corta, relación L/D de cuando menos 20:1, zona de transición corta y girando a velocidades relativamente bajas.

Para materiales de alta viscosidad sensibles al calor, el husillo se diseña con una relación L/D y profundidad similar a los materiales sensibles al calor, pero con una zona de transición cónica continua y sin zona de dosificación.

Ahora bien, en la producción de artículos de gran tamaño, como garrafones, juguetes y objetos similares, se tiene un serio problema respecto al alargamiento de la pieza tubular en bruto aún teniendo un control de la temperatura y fluldez que se tenga.

Para evitar el efecto anterior o disminuirlo, se adapta un acumulador perpendicular al cilindro.

El acumulador consiste en un cilindro con su correspondiente émbolo provisto de calefacción autónoma. El émbolo es accionado por un cilindro hidráulico o neumático y extrusiona la pieza en bruto en un tiempo sorprendentemente corto a través del cabezal angular. El grupo extrusionadora-acumulador, representa de hecho una máquina de inyección con plastificador de husillo y un mecanismo de inyección de émbolo.

A continuación se presenta en la fig. VII. 3 un tipo de extrusionadora acumulador provista de un husillo que alimenta el material fundido a una cabeza cruzada vertical, que tiene un orificio en su extremo inferior para formar la pieza tubular bruta y en el extremo superior está colocado un pistón funcionando hidráulicamente, que inyecta el material una vez que se tiene la carga requerida en el acumulador para formar la pieza tubular bruta que

servirá para el producto por soplado.

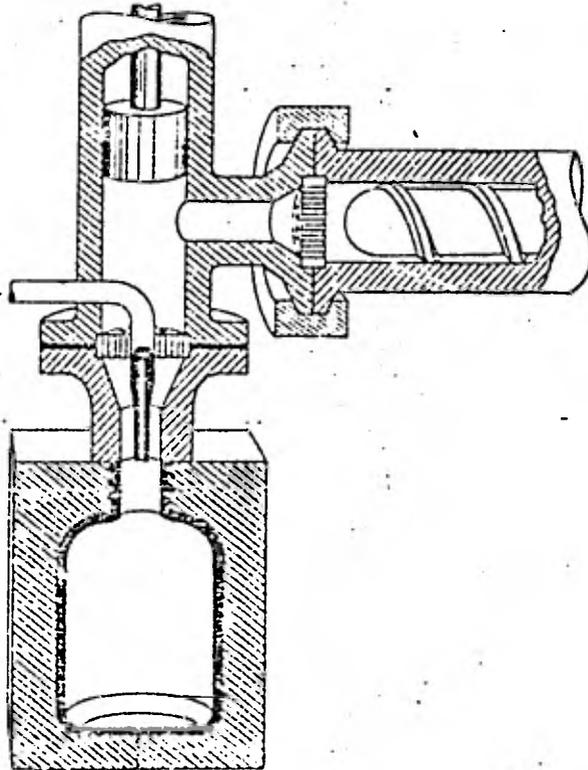


FIG. VII. 3. - SISTEMAS DE MOLDEO POR SOPLADO PARA ARTICULOS - GRANDES.

VARIABLES DEL PROCESO DE MOLDEO POR SOPLADO.

Las variables principales del proceso de las cuales depende la calidad del producto obtenido, son las siguientes:

1. - Temperatura de plastificación o extrusión.

Es la temperatura a la cual sale el material plastificado del dado, y de ella dependerá el tiempo necesario para enfriar el objeto, antes de que -

salga del molde. Influye también en la velocidad de extrusión, el grado de tersura del "párison", así como en el alargamiento del mismo debido a su propio peso.

De dicho alargamiento depende a su vez el espesor de la pared del objeto moldeado.

2. - Presión de soplado.

De la presión de soplado depende llenar correctamente todas las cavidades del molde.

3. - Velocidad de soplado.

Puede afectar tanto a la superficie del producto terminado como a la resistencia de las líneas de unión del molde. En efecto, a velocidades altas de soplado el aire residual no logra salir y queda atrapado en forma de burbujas entre la pared del molde y el producto.

4. - Duración del tiempo de soplado.

Este deberá ser el máximo posible dentro de los límites económicos para asegurar un buen enfriamiento y la ausencia de distorsiones en la conformación del artículo moldeado.

La duración del ciclo de fabricación del artículo moldeado debe fijarse tomando en cuenta dos factores opuestos:

La economía de operación y la calidad y/o aspecto del artículo terminado; por ejemplo, al incrementar variables tales como la temperatura de extrusión y el ciclo de moldeo aumenta el brillo de los artículos moldea

dos pero disminuye la economía de la operación.

Es necesario encontrar un término medio entre la economía del proceso y las buenas características deseadas.

INSTALACIONES PARA MOLDEAR ARTICULOS HUECOS POR EXTRUSION Y SOPLADO.

Una instalación consta de tres grupos, cada uno de los cuales realiza una de las tres operaciones fundamentales:

- a). - Preparación de la pieza en bruto por extrusión.
- b). - Gobierno del cabezal y de los moldes.
- c). - Moldeo por soplado.

CARACTERISTICAS DE UNA INSTALACION.

- Dimensiones de la máquina-----
- Peso de la instalación-----
- Diámetro del husillo-----
- Carrera del husillo-----
- Relación L:D-----
- Velocidad de giro del husillo-----
- Potencia de accionamiento del motor-----
- Capacidad de la tolva-----
- Presión de inyección-----
- Diámetro de la pieza en bruto-----
- Volumen del artículo-----

Número de moldes -----
 Dimensiones del molde -----
 Abertura del molde -----
 Fuerza de cierre del molde -----
 Consumo de energía eléctrica en el sistema
 de calefacción -----
 Consumo de agua -----
 Consumo de aire -----
 Rendimiento : Artículos/Tiempo -----

La figura VII. 4 representa una instalación de moldeo por soplado, donde los moldes se desplaza en dirección vertical. Consta de prensa 1, extrusionadora 2 con husillo fijo, armario de control 3, dos cuadros de mando 4 y 5.

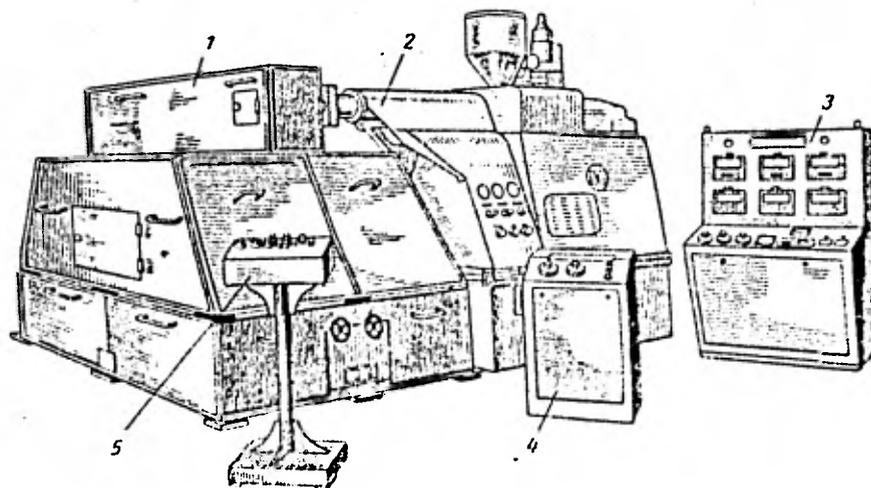


FIG. VII. 4. - INSTALACION DE MOLDEO POR SOPLADO.

En el siguiente esquema VII. 5 se muestra una instalación provista de una extrusionadora de husillo 2 accionado por medio de un motor hidráulico. Sus características son:

Carrera axial del husillo, mm-----	220
Diámetro del husillo, mm-----	55
Relación L:D-----	22:1
Velocidad de giro, rpm.-----	10-70
Presión para extrusionar piezas tubulares de 0.4 kg de peso, MN/m ² (Kg/cm ²).-----	50 (500)
Caudal volumétrico de extrusión, cm ³ /seg.-----	240
Capacidad plastificadora, Kg/h-----	50
Cantidad de artículos que puede extrusionar simultáneamente-----	de 1 a 4
Volumen de los artículos, Lt.-----	de 0.5 a 10
Fuerza de cierre del molde, KN (t)-----	65 (6.7)
Dimensiones de las placas, mm.-----	350 x 500
Abertura del molde, mm.-----	70-580
Potencia del motor de accionamiento, KW.-----	19
Consumo de energía eléctrica de los elementos de calefacción, KW.-----	17
Dimensiones de la máquina, m.-----	3.6 x 1.9 x 2.4
Peso de la instalación, KN (t).-----	40 (4)

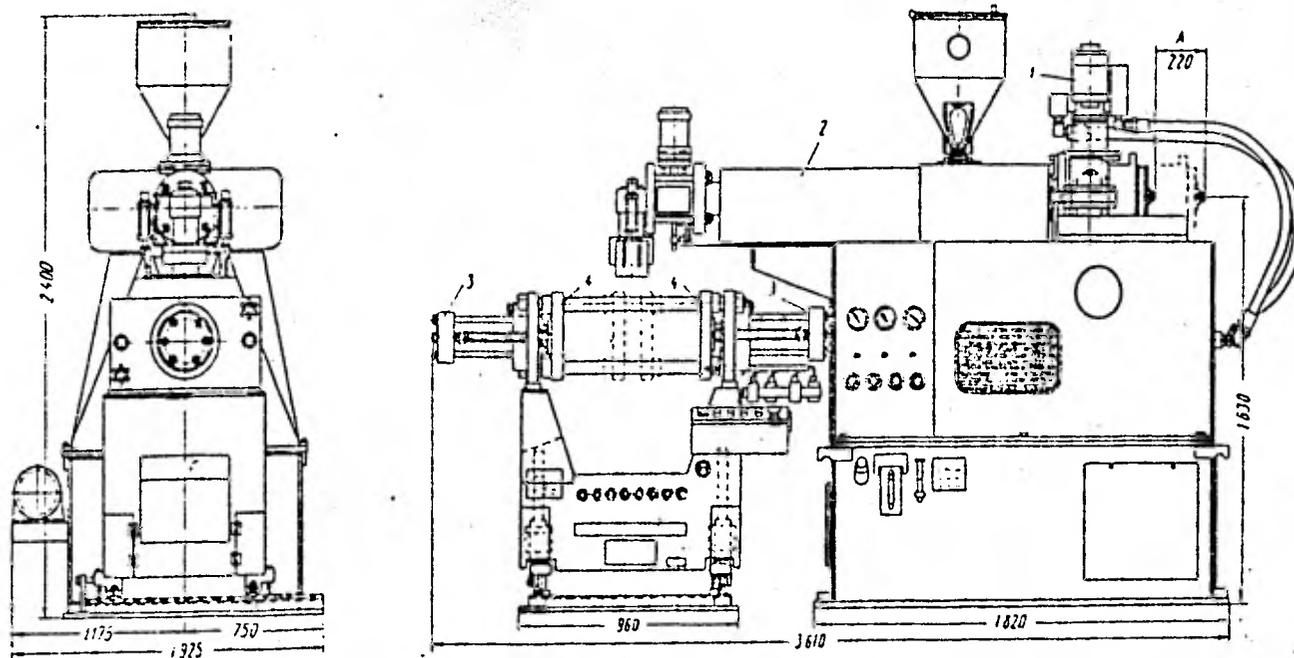


FIG. VII. 5. - INSTALACION DE MOLDEO POR INYECCION Y SOPLADO.

La mayoría de las máquinas de moldeo por soplado consisten en una prensa horizontal accionada indistintamente por medios hidráulicos, neumáticos, mecánicos o combinados. Para abrir, cerrar y desplazar los moldes se emplean mecanismos de cadea, de rotor, etc.

Estas máquinas suelen llevar unos mandriles móviles o fijos, destinados a calibrar el cuello y la garganta del artículo moldeado para aplicar la presión de aire. También se emplean agujas huecas para inyectar aire y dar la forma definitiva al artículo.

Una máquina de moldeo por soplado está representada en la fig. VII. 6. Consta de dos placas fijas 2 y dos móviles 3, con sus correspondientes mitades de molde 4, que se deslizan por dos columnas cromadas 5, dispuestas en diagonal, y empujadas por los cilindros 1. El mandril de soplado se desplaza movido por el cilindro 15. La mesa de la máquina puede girar accionada por el cilindro hidráulico 10. La posición de la mesa se fija con ayuda de los interruptores de fin de carrera 6 y 9.

El cuadro de mando instalado a la derecha de la máquina contiene: el contador de ciclos, pulsadores de mando, interruptores de mando, luces de señalización y dos reles temporizados: 7, que controla la duración del soplado, evacuación del aire y la descarga de la pieza y 8, que regula la duración total del ciclo.

A la izquierda se encuentra el motor eléctrico 13, la bomba de aceite 12, las válvulas neumáticas con mando eléctrico 11, que sirven para suministrar y evacuar el aire durante el moldeo, para desplazar el mandril y las cuchillas, distribuidores de aceite, válvulas 14 para desplazar la mesa y re-

gular su velocidad, cierre y apertura del molde de soplado.

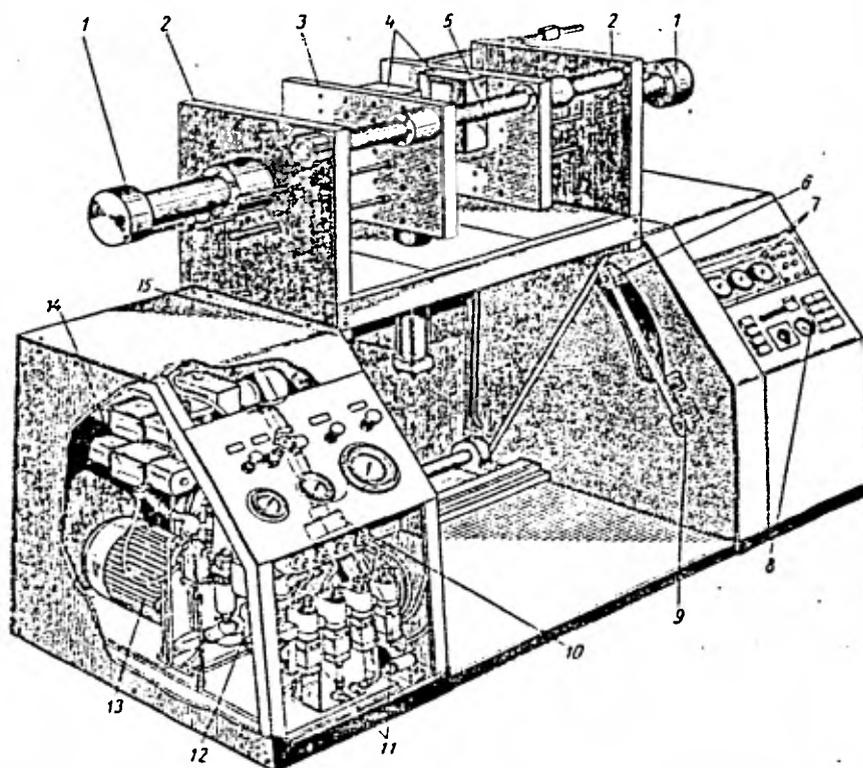


FIG. VII.6. - MAQUINA DE MOLDEO POR SOPLADO.

VII. 3. - FORMADO AL VACIO.

Esencialmente el proceso de formado al vacfo consiste en fijar una hoja de material termoplástico obtenido de la máquina de extrusión. Calentarla hasta que se haga formable y aplicarle un vacfo que hace que entre en contacto con el molde que sirve para formar el artículo.

Para ilustrar el proceso de formado al vacfo se da a continuación varios procedimientos para moldear hojas de material termoplástico.

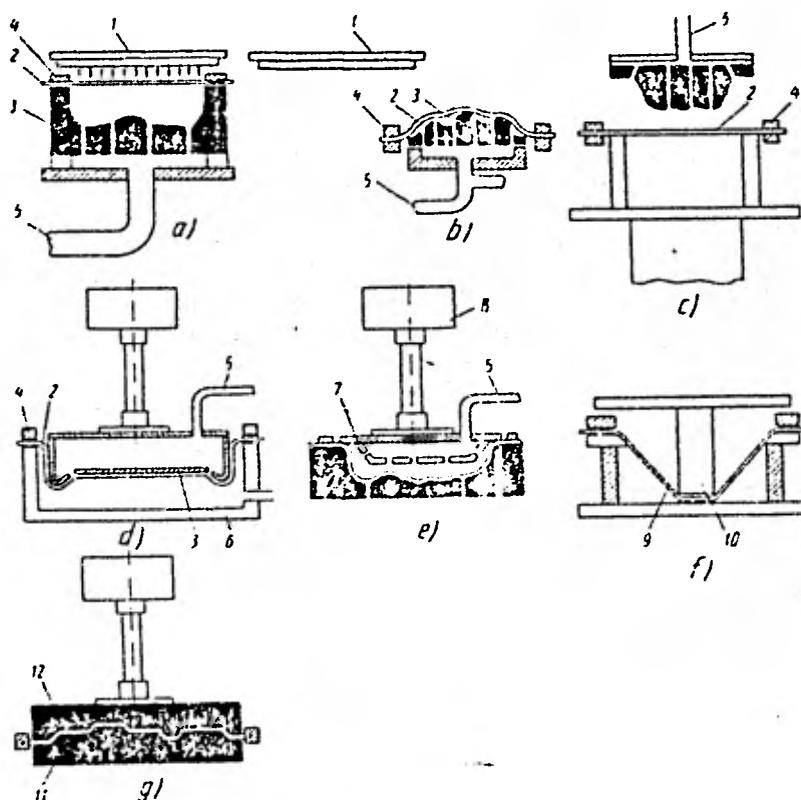


FIG. VII. 7. - ESQUEMAS DE MOLDEO USADOS PARA LA TRANSFORMACION DE PLANCHAS DE MATERIAL TERMOPLASTICO.

La fig. VII. 7 a , muestra un moldeo negativo, donde la hoja 2 previamente calentada con 1 desciende y se ciñe al molde 3 bajo la acción de la presión atmosférica. La hoja o plancha de material está debidamente sujeta con 4. El vacío se aplica por medio de una bomba a través de la tubería 5 y los canales del molde.

Con el método positivo (fig. VII. 7 b), la hoja 2 calentada previamente debido al desplazamiento vertical (de abajo hacia arriba) del molde. A continuación la tubería 5 y el molde comunican con el conducto de vacío modelando definitivamente el artículo. Una variante de este método se muestra en la fig. VII. 7 c .

El moldeo positivo se puede combinar con un embutido preliminar de la hoja, con aire comprimido que se inyecta a través de los mismos canales utilizados para formar el vacío. Este procedimiento presenta la ventaja de proporcionar un espesor de pared uniforme. Esquemáticamente este método está representado en la fig. VII. 7 d . Después de un embutido mecánico preliminar, por el descenso del molde, en su cavidad interior se practica el vacío, al tiempo que se inyecta el aire comprimido en la cavidad 6, haciendo que la hoja de material termoplástico ciña en la superficie del molde.

Un esquema análogo se presenta en la fig. VII. 7 e , se utiliza un molde negativo, cuyos canales comunican con el sistema de vacío. El aire comprimido se suministra a la cavidad del molde a través de los canales del punzón 8, que se utiliza también para el embutido previo de la plancha.

En la fig. VII.7 f. Se modela un artículo cónico 9, donde el punzón-10 realiza el embutido mecánico de la plancha.

La fig. VII.7 g representa un estampado, utilizando un molde de dos mitades: una mitad fija 11 y una móvil 12. Este procedimiento es usado para formar artículos de configuración compleja.

La calidad de los artículos moldeados depende del huelgo, entre el sujetador y el borde de la cavidad del molde. Este huelgo, que oscila entre 12.5 y 75 mm, depende de las dimensiones, configuración del artículo a moldear y del espesor de la plancha. El contorno del sujetador corresponde al contorno exterior del molde.

El punzón o macho se construye de madera compacta o metal, la superficie del punzón representa aproximadamente el 80% de la superficie de la cavidad del molde, siendo sus contornos análogos. Para evitar rugosidades en los bordes del artículo y su adelgazamiento en la parte superior del punzón. La velocidad del punzón no deberá ser demasiado grande, ya que resultaría difícil regular la presión en la cavidad del molde, aún cuando existen válvulas de seguridad. Sin embargo, si la velocidad del molde es pequeña el punzón puede enfriarse antes de finalizar el moldeo. Como orientación se puede tomar una velocidad de 25 mm/seg.

Para calentar el material termoplástico y alcance la plasticidad necesaria, se pueden emplear lámparas de radiación infrarroja o calentadores de resistencia. La calefacción de la hoja puede ser unilateral o bilateral como se observa en la fig. VII. 8.

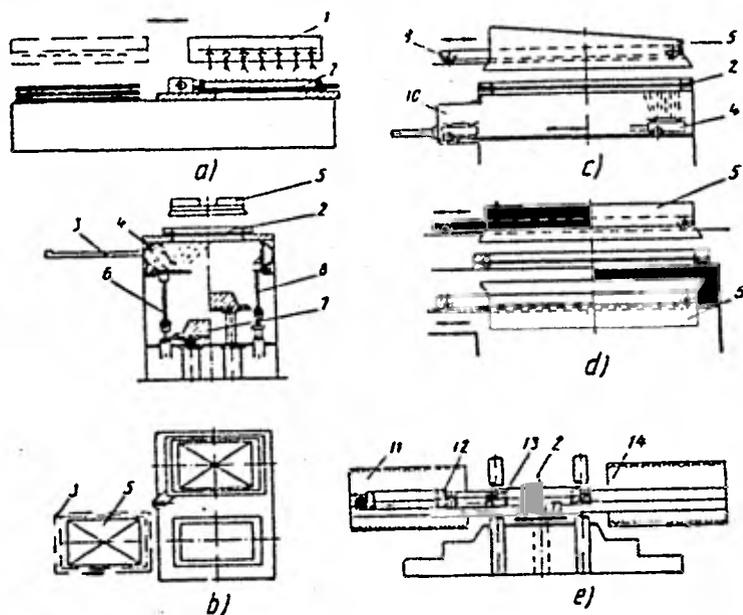


FIG. VII. 8. - CALENTADORES DE INFRARROJOS, USADOS PARA EL MOLDEO DE LAMINAS DE MATERIAL TERMOPLASTICO.

Para un calentamiento unilateral de la hoja 2 (fig. VII. 8 a) se emplea el calentador desplazable 1. Mientras en la posición izquierda se moldea y -refrigera el artículo, en la derecha se calienta el material.

La fig. VII. 8 b muestra un dispositivo de moldeo con calentamiento bilateral de la hoja 2 sujeta por 3. El calentamiento se efectúa de la siguiente manera; por encima se emplean los calentadores desplazables 5 y por debajo con los calentadores 4 provistos de reflectores 6. Al subir el molde positivo 7 el reflector gira accionado por las varillas móviles 8.

En la fig. VII. 8 c se tiene otro calentamiento bilateral. El calentador superior 5 está montado sobre el carro 9 y el inferior 4 es desplazable.

Durante el moldeo se retiran ambos calentadores.

Se suelen utilizar calentadores emparejados 5, montados sobre carros como se observa en la fig. VII. 8 d , que se retiran durante el moldeo.

La fig. VII. 8 e , muestra un sistema de calefacción bilateral compuesto de dos cámaras 11 y 14. A ambos lados de la cámara se encuentran unos calentadores de radiación infrarroja con sus correspondientes pantallas-reflectoras. Mientras la hoja de material termoplástico 2 se calienta en el sujetador 12, en el derecho 13 se moldea el artículo, cambiando de posición al repetirse el ciclo.

MAQUINARIA PARA TRANSFORMAR PLANCHAS CALIENTES POR MOLDEO-EN VACIO.

La producción de una máquina de moldeo por vacío depende principalmente del tiempo necesario para calentar el material y, en menor grado, de la continuación de las operaciones complementarias de manipulación.

Con el formado al vacío, los gastos de maquinaria y tecnológicos son mínimos. En la práctica para moldear artículos de superficie superior a 1 m^2 se utiliza éste método. El proceso tiene gran importancia en la manufactura de recipientes desechables en cantidades muy grandes y al menor costo unitario posible. Las desventajas fundamentales son: ciclo de moldeo relativamente largo; calentamiento, moldeo y corte dificultoso de láminas de más de 6 mm de espesor; elevado porcentaje de material sobrante (hasta un 40 - 50%); en lugar de usar materiales granulados, se usan láminas o películas cuya inversión es un 70 a 100% más caro que el material granulado.

La maquinaria de moldeo por vacfo, se clasifican según la clase, -
 espesor y superficie del material a moldear, por su funcionamiento (periódico o continuo), clase de mando (automático, semiautomático y a mano). -

Entre las características fundamentales de la máquina se tienen:

Dimensiones -----

Peso -----

Espesor de la plancha -----

Velocidad de suministro -----

Superficie de moldeo -----

Profundidad de moldeo -----

Bloque sujetador -----

Accionamiento del calentador (a mano, neumático,
 automático) -----

Control de tiempo (de reloj con regulación a ma
 no, automático y a mano) -----

Potencia total -----

Producción: artículos / tiempo -----

El moldeo por vacfo en moldes de varias cavidades se lleva a cabo en
 máquinas rotatorias y lineales que, además del moldeo propiamente dicho -
 pueden llenar, cerrar y cortar los artículos moldeados.

Una máquina lineal de moldeo por vacío está representada en la Fig. VII.9. El bastidor consta de cuatro puntales largos 10 y dos cortos 7, unidos por travesaños longitudinales y transversales. Entre los travesaños hay unas columnas de cremallera 12, que sirven de guía para las placas 14 y 21. En éstas placas están montados el punzón 18 y la matriz 20 del molde.

El proceso se lleva a cabo del siguiente modo: con el molde abierto el operario coloca la plancha en el sujetador 19 del carro 16, situado entre las columnas 12. Los extremos de la plancha se aprietan al sujetador por unas reglas accionadas por los cilindros neumáticos 17. A continuación, el vástago 4 del cilindro 3 baja rápidamente la puerta 5 y el carro 16 se des - plaza por las guías 9 hasta colocarse entre los calentadores 6 y 8, cuando el material alcanza la plasticidad adecuada el carro regresa a la posición de moldeo, para la transformación previa de la plancha caliente. El mol - deo definitivo se efectúa aplicando vacío y presión de aire comprimido por los conductos 12 y 13, utilizando una bomba de vacío y un compresor. El - desplazamiento de las placas 14 y 21 está controlado por los interruptores - 15.

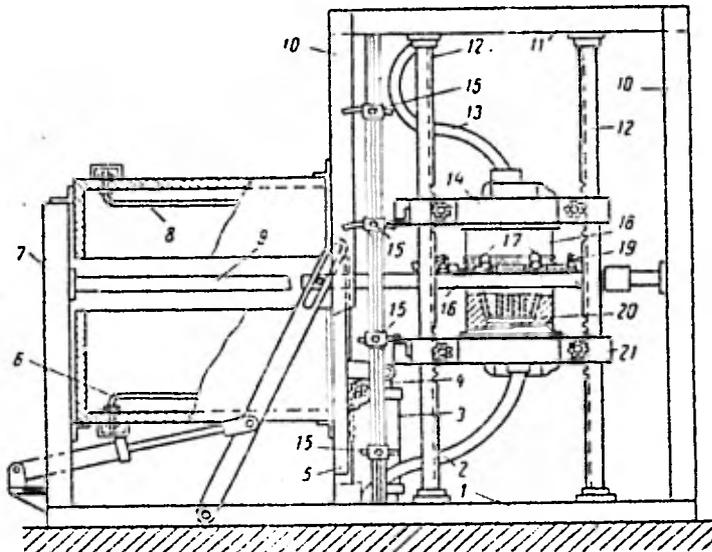


FIG. VII.9. - MAQUINA DE MOLDEO POR VACIO, AUTOMATICA.

En la fabricación de artículos pequeños de embalaje (paquetes de plástico, etc) con material suministrado en rollos, las máquinas rotatorias se ajustan mejor al moldeo continuo, evitándose el movimiento alternativo del molde transportador.

En la Fig. VII. 10 se ilustra el esquema de una máquina rotatoria para transformar películas de material termoplástico.

El sistema utiliza una rueda girando en un plano vertical, que soporta las cavidades de los moldes dispuestos alrededor de su periferia.

El proceso se lleva de la siguiente manera: la película 1 sale del tambor 2 y pasa al rotor 3, donde es calentada por el calentador infrarrojo 4. En la zona 5 se moldea y es enfriada con el ventilador 6. Al llegar al depósito 7 los artículos moldeados se llenan automáticamente a través de 8.

Del tambor 9 sale otra película que, al bordear el rodillo 10, queda en contacto estrecho con los artículos anteriormente llenos. A continuación el dispositivo 11 suelda o encola ambas películas, siendo cortadas posteriormente por el dispositivo 12. Finalmente los artículos acabados pasan a una artesa o transportador 13 para ser empaquetados. El resto de la película 14 - vuelve a la tolva de alimentación de la extrusionadora después de su desmenuzamiento y mezclado con la materia prima.

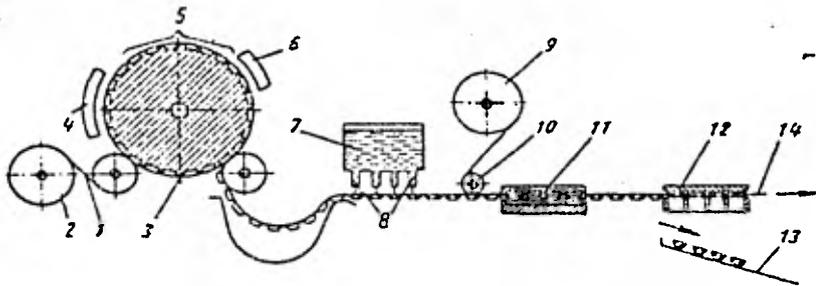


FIG. VII. 10. - ESQUEMA DEL CONJUNTO DE UNA MAQUINA ROTATORIA AUTOMATICA PARA MOLDEAR, LLENAR Y CERRAR ARTICULOS DE ENVASE PARA PRODUCTOS LIQUIDOS.

CAPITULO VIII

ANALISIS TECNICO ECONOMICO* EN LA FABRICACION NACIONAL DE EXTRUSORES.

Con el objeto de tener un panorama más amplio sobre la problemática que actualmente existe en la Ind. Nacional, para la fabricación de máquinas extrusoras, haremos un análisis de costos sobre las partes componentes que integran la máquina y que son tanto nacionales como de importación.

Con este análisis también haremos algunas observaciones sobre las causas de compra de componentes de importación.

La base que tomaremos será un extrusor de 2" enfriado por aire con relación 1:20 con una potencia de 40 HP y de transmisión con velocidad variable.

* A la fecha de impresión de esta tesis los costos anotados en este estudio se han incrementado aproximadamente en un 30% y se puede considerar un incremento anual del 20%.

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
1. - <u>TORNILLO</u>	IMPORTACION	90,000.00

El Tornillo representa para los fabricantes nacionales de Extruders de cierta calidad un problema bastante fuerte; el maquinado de esta pieza requiere de Máquinas-Herramientas de tipo electrónico cuya inversión, a consideración de algunos fabricantes sería de alrededor de \$ 30,000.000 M. N.; si consideramos que en México se arman 20 Extruders al año y 10 de los cuales no son de más de 1" de diámetro la inversión por lo tanto, no sería rentable. Además del maquinado del Tornillo, este requiere llevar un tratamiento superficial para mejorar sus condiciones de trabajo. Estos tratamientos requieren también de una alta inversión (en U. S. A. el dar tratamiento a un Tornillo cuesta alrededor de \$ 35,000.00 M. N.).

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
2.- <u>CILINDRO</u>	IMPORTACION	90,444.00

Al igual que el tornillo, el cilindro es de importación. Los problemas para el maquinado de esta pieza, básicamente son las máquinas herramientas existentes en el País así como también las aleaciones metálicas, que en su mayoría son patentadas. Incluso en las grandes Compañías de los Estados Unidos en muchos de los casos, adquieren externamente este componente.

3.- <u>MOTOR D. C. DE 40 H. P. CON CONTROLADOR.</u>	NACIONAL	302,000.00
4.- <u>CALENTADORES</u>	IMPORTACION	48,000.00

Actualmente para algunos extractores como es el de este caso, se están trayendo de importación, pero en un futuro no lejano podrán reemplazarse por nacionales la causa principal es que la distribución de calor en los calentadores Nacionales

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
no es lo suficientemente buena; para algunos extrusores de menor calidad estos si se estan usando.		
5. - <u>CAJADE ENGRANES DE FUNDICIÓN.</u>	IMPORTACION	38,300.00

Algunos tipos de extruders, requieren de cajas de transmisión muy especiales, por lo que requieren de una fabricación especial; la carcaza, lógicamente es de fundición y como tal la manufactura no es costeable debido a la poca cantidad de piezas que se elaboran. ◀

6. - <u>CONTROLADORES.</u>	IMPORTACION	45,300.00
----------------------------	-------------	-----------

Actualmente en México se fabrican algunos tipos de controladores por WEST. Estos son usados en máquinas que no requieren tener una producción y rapidez de respuesta adecuada a procesos de extrusión en los cuales dichos parámetros son importantes;podriamos citar

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
como ejemplo de lo anterior el extruir Polietileno celular, Teflón etc.		
7. - <u>ENGRANES RECTIFICADOS (JGO).</u>	IMPORTACION	36,200.00
<p>Algunas máquinas de extrusión de alta velocidad requieren que su transmisión, tenga en sus engranes una alta calidad, por esto dichos elementos se rectifican. Actualmente en México nadie hace un trabajo de rectificado de engranes.</p> <p>Algunas compañías que fabrican extruders en el País, colocan sistemas de transmisión standars con lo que se logra abatir el costo en sacrificio de versatilidad en cuanto a rango de velocidades y duración de este sistema.</p>		
8. - <u>FLECHA DE EMPUJE Y FLECHA PINON.</u>	IMPORTACION	26,000.00
<p>Tanto la Flecha de Empuje como la Flecha Piñon tienen acoplado un en</p>		

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
grane que debe ser rectificado. Con lo expuesto en el No. 7 queda claro el motivo del porque de estas piezas sean tan importantes.		
9. - <u>SECCION DE ALIMENTACION.</u>	IMPORTACION	17,900.00
10. - SOPORTE BARRIL	IMPORTACION	6,968.00
11. - <u>CUBIERTA (LATERAL CAJA - VELOCIDADES).</u>	IMPORTACION	2,500.00
12. - <u>BRIDA EMPUJE.</u>	IMPORTACION	14,400.00
13. - <u>ALOJAMIENTO EMPUJE.</u>	IMPORTACION	9,170.00
14. - <u>ENSAMBLE SUJETADOR CABEZA.</u>	IMPORTACION	16,167.00
15. - <u>ESPACIADOR FUNDICION.</u>	IMPORTACION	8,723.00

Todos los componentes mencionados son de fundición. Esto prácticamente limita la producción por costo, debido a la poca calidad de piezas que se fabrican. No es de ninguna manera rentable fabricar moldes para 2 ó 3 piezas.

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
16. - <u>TRANSDUCTOR.</u>	IMPORTACION	13,800.00
<p>Sólo existen 2 fabricantes en U. S. A. que fabrican estos transductores (de Presión). En el País no se fabrica.</p>		
17. - <u>ENSAMBLE BASE.</u>	NACIONAL	11,000.00
<p>Es paileria y se fabrica en México.</p>		
18. - <u>BOMBA LUBRICACION.</u>	IMPORTACION	1,350.00
<p>Actualmente se trae de importación, con muchas posibilidades de que se Nacionalice.</p>		
19. - <u>BALERO EMPUJE Y RODILLOS.</u>	IMPORTACION	13,800.00
<p>Casi todos los Baleros que se venden en México son de importación sobre todo los de tipo axial; incluso son diseños especiales.</p>		
20. - <u>ADAPTADOR Y TERMOPARES.</u>	IMPORTACION	2,300.00
<p>Sólo 5 plantas en U. S. A. trabajan las aleaciones para metales de</p>		

COMPONENTE	PROCEDENCIA	COSTO (\$)
termopares.		
21. - <u>SISTEMA ELECTRICO.</u>	NACIONAL	38,000.00
Gabinete, Carátulas, Interruptores, Arrancadores, Relevadores - Etc.		
22. - <u>MOTORES SISTEMA ENFRIAMIENTO.</u>	NACIONAL	5,000.00
23. - <u>VARIOS.</u>	IMPORTACION	35,000.00
CONTACTORES		
FILTROS		
COPLES		
VENTILADORES		
BALEROS		
TERMOPARES		
TOTAL	IMPORTACION	NACIONAL
	516,822.00	356,000.00

De los datos podemos ver que el 60% del costo total de los materiales usados son de importación y el 31% es nacional.

Desde el punto de vista tecnológico podemos pensar que no es un limitante, el desarrollo de dicha tecnología para la fabricación de extru -

ders.

Aunque si lo es desde el punto de vista inversión.

Como podemos observar en los datos anteriores, las causas principales para la no total integración de partes en la fabricación de extruders en México son:

- a). - Bajo volumen de producción de Extruders (30 anuales).
- b). - La variedad de Extruders que requiere la industria (Cables, -- perfiles, bolsas, etc.).
- c). - Alto costo de producción en la fabricación de piezas especiales.
- d). - Alta inversión en la fabricación de tornillo y cilindro.
- e). - Dependencia de metales especiales de las empresas de nivel - pequeño y medio.

Como datos interesantes podemos decir que en México existen sólo - 4 Compañías que se dedican a fabricar Extruders y son:

MPM (MAQUINARIA PLASTICA MODERNA).

Hasta extruders de 6"

DICOMASA

Hasta Extruders de 6" (DAVIS STANDARD).

BEUTELSPACHER SA

Hasta Extruders de 1 3/4"

IMSA WIN (ROYLE) (EMPIEZA).

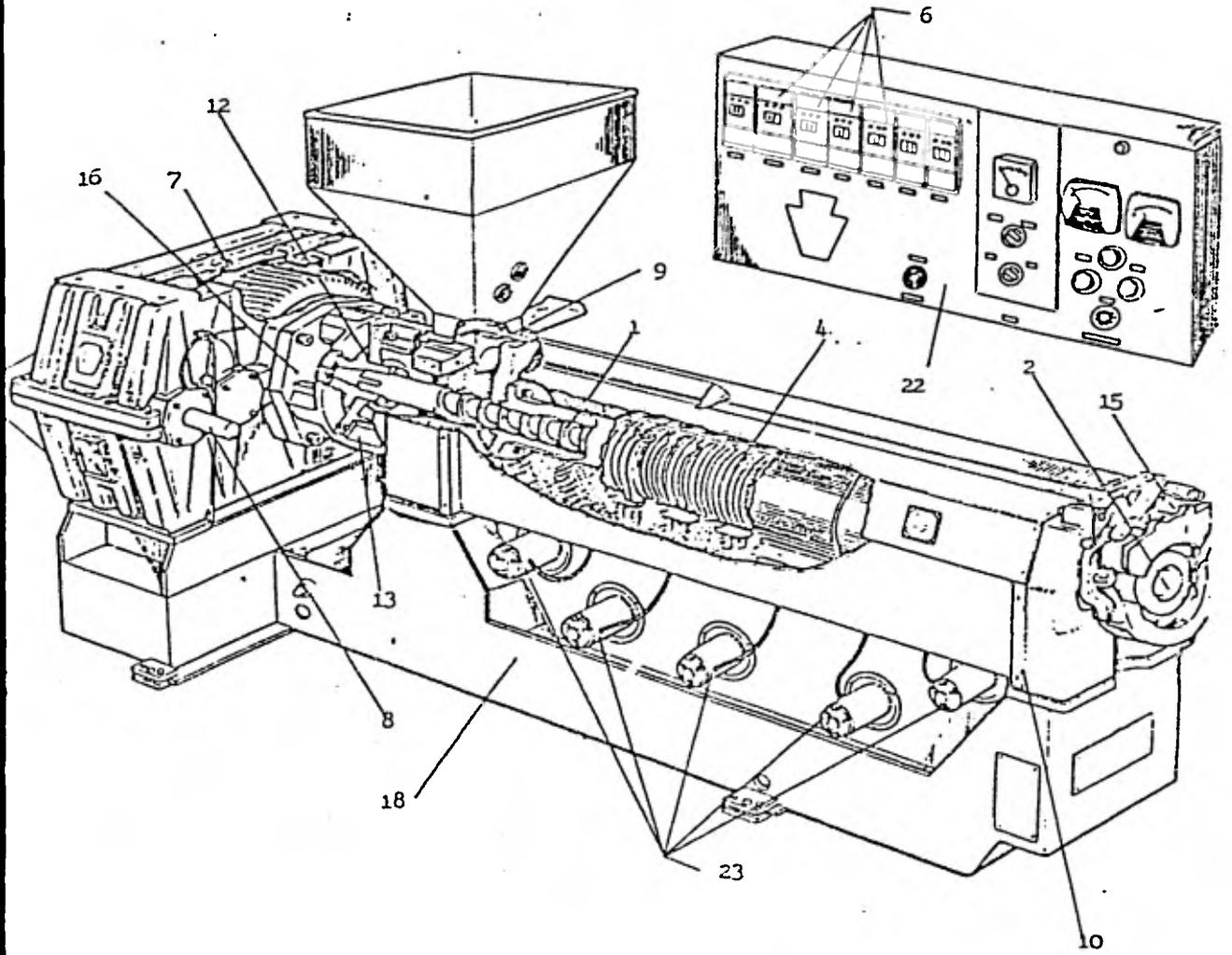


FIG. VIII. 1

CAPITULO IX

CONCLUSIONES

El proceso de Extrusión representa un reto constante dentro de la industria de los Plásticos debido al constante avance tecnológico en la maquinaria y auxiliares y al continuo desarrollo y/o mejoramiento de los termoplásticos empleados.

Actualmente el Sector Industrial fabricante de extrusoras o partes de la misma tiene poca capacidad competitiva, pero tomando en cuenta los avances y progresos que ultimamente ha tenido la industria de los plásticos, consideramos que las posibilidades de mejorar o igualar la calidad de los equipos extranjeros son susceptibles de alcanzar.

En la Industria Nacional la versatilidad en la aplicación de productos extruñdos, hace que la selección del equipo de extrusión esté basada en un estudio profundo de los diferentes tipos existentes en el mercado, es por ello que el anexo A puede servir de guía para efectuar una mejor selección, evaluación y/o comparación técnica del equipo. No debe perderse de vista que el equipo elegido deberá contener aquellas características que garanticen buena productividad y calidad en el producto extruñdo. Es por ello que la gente relacionada con este proceso debe conocer a fondo los aspectos técnicos que influyen en el mismo.

Finalmente, es nuestro deseo que esta tesis sea de verdadero provecho y utilidad para todas aquellas personas que tengan interés en este proceso de transformación de termoplásticos.

ANEXO A.

RECOMENDACIONES PARA LA SELECCION
Y OPERACION DE EXTRUSORAS.

(Brabender TS 2210-E)

Material	Producto	Relación L/D	Relación de compresión	Temperatura zonas (°C).					Recomendaciones
				1	2	3	4	Cabezal	
Poliestireno	Cintas, perfiles película soplada	20-25	2:1/3:1	160	170-180	180-200	—	180-200	
Poliestireno modificado ABS	Barra, película plana y soplada, tubos	20-25	2:1/3:1	170-190	175-195	185-200	185-225	185-225	Secado previo 3 hrs a 80°C
Potato de almidón	Cintas, película plana y soplada	25	3:1	175	185	190	195	200	Secado previo 2 hrs a 80°C
Polion PA 6	Cintas, película plana y soplada, monofilamentos	25	4:1	230	240	250	255	260	Secado a vacío
Polion PA 6.6	Cintas, película plana y soplada, monofilamentos	25	4:1	250	260	270	275	280	Secado a vacío
Polisulfona	Cintas, película plana y soplada	20-25	2:1	250-280	270-300	290-320	290-330	290-330	

VC granu- do (rígido)	Cintas, perfiles, película soplada, tubos, barra	20-25	2:1	150-160	155-165	160-170		170-190	Necesita enfria- miento del barril
VC polvo (rígido)	Cintas, perfiles, película soplada, tubos, barra	20-25	2:1/3:1	160-170	165-175	170-180	175-185	180-190	Necesita enfria- miento del barril
VC granu- do (plasti- cado)	Cintas, perfiles, película soplada, manguera, barra, cables	20-25	2:1/3:1	150-170	160-190	165-200		170-210	Necesita enfria- miento del barril
VC polvo plastifica- do	Cintas, perfiles, película soplada, manguera, barra, cables	20-25	3:1	150-170	160-190	170-200	175-205	170-210	Necesita enfria- miento del barril
Polipropi- leno	Cintas, película soplada, tubos, barra	20-25	4:1	210	220	230		240	
Poliétileno AD	Cintas, película soplada, tubos, barra, cable	20-25	4:1	200	210	220		225	
Poliétileno uro, polvo	Cintas, película soplada, barra	25	1:1	160-180	170-190	180-200	185-205	190-210	Zona alimenta- ción cónica y rayada
Poliétileno BD	Cintas, película soplada, barra, recubrimientos	20	4:1	150-170	160-180	170-190		180-200	
Poliacetal	Cintas, tubos, barra	20-25	2:1/3:1	170	190	205		200	Extrusión a baja velocidad
Poliimide- acrilato	Cintas, barra	20	2:1	180	190	200-220		220	Secado previo
Policarbona- to	Cintas, perfiles	25	2:1	235-270	250-280	250-290	270-300	300-320	Secado previo 3 hrs a 120°C
Poliuretano	Cintas, perfiles	25	3:1	140-220	160-220	180-220	190-220	190-220	Secado previo 3 hrs a 120°C
Polivinilbu- tal	Cintas, perfiles	25	3:1	100	120	130	140	140	
Poliéster	Monofilamentos	25	4:1	250	260	270	275	280	

ANEXO B

GUIA GENERAL PARA ELEGIR UNA MAQUINA DE EXTRUSION

LISTA DE PRODUCTOS		Polímeros a extruir	Granulado o Polvo	Producción Kg/hr.
A S P E C T O S T E C N I C O S				
DATOS IMPORTANTES		ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
		Fabricante-Marca	Fabricante-Marca	Fabricante-Marca
H	Diámetro mm.			
	Relación L/D			
U	Relación de Compresión			
	Claro Cilindro-Husillo			
S	Tratamiento del Acero			
	Desgasificación			
I	Enfriamiento Interior			
	Diseño Especial o Estándar			
L	Mono o Doble Husillo			
	Rango de Velocidad			
L	Tacómetro			
	No. Husillos Recomendados			
O	Producción Garantizada			
Motor Accionamiento AC - DC		HP	HP	HP
Tipo Variador Velocidad				
Zonas calefacción en el cilindro				
Sistema de Enfriamiento				
Aparatos de Control				
Cabezales Requeridos-Zonas Calefacción				
Energía Calefacción, KW				
Consumo Total Energía, KW				
A S P E C T O S G E N E R A L E S				
SERVICIOS: Electricidad				
Agua				
Aire				
Mantenimiento y Servicio				
Refacciones en Plaza				
Tiempo de Entrega				
Ruido				
Garantía				
Arranque y Puesta en Marcha				
Costo extrusora				
Costo Tablero Control				
Costo Cabezal				
Costos Dados				
Costo Equipo Auxiliar				
Costo Total				
Ventajas				
Desventajas				

PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LA EXTRUSION Y SUS SOLUCIONES

SINTOMA	DEFECTO BASICO	PRODUCTO EN QUE SE PUEDE PRESENT.	CAUSAS DEL PROBLEMA	ACCION CORRECTIVA	MEJORAS NECESARIAS
1. - EL PRODUCTO NO LLENA LOS REQUISITOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.					
1.1. - Baja resistencia de aislamiento.	Grietas microscópicas con fallas de prueba de chispa.	- Aislamientos delgados.	- Conductor frío. - Contaminación del plástico con materiales extraños.	- Precalentar con ductor. - Vaciar tolva y limpiar máquina. - Evitar guardar plásticos en recipientes abiertos.	- Instalar precalentador
1.2. - Baja retención de elongación.		- Cualquier producto.	- Bajas temperaturas al extruir.	- Aumentar temperaturas en cada zona de la extrusora.	- Checar pirómetros. - Cambiar gufa y dado por otros de ángulos más suaves que favorezcan el flujo.
1.3. - Bajo esfuerzo de tensión inicial.	Plástico mal fundido	- Cualquier producto.	- Temperaturas inadecuadas y mal mezclado del plástico.	- Aumentarse temperaturas en cada zona de la extrusora y, - actívese la masticación poniendo agua circulante al gusano.	
1.4. - Fallan pruebas de: - Choque térmico. - Resistencia Térmica. - Doble en frío.	Apariencia de reseque en la superficie.	- En aislamientos delgados.	- Conductor frío. - Turbulencias ocasionadas por diseño incorrecto de gufa y dado.	- Cambiar dado.	- Usar dado de ángulo suave pero ligeramente mayor al de la gufa.
II - POROSIDAD					
II.1. - Agujeros en el aislamiento o cubierta.	- Oclusión de aire.	- Cubiertas y aislamientos gruesos.	- Aire no expulsado por atrás del gusano. - Gusano inapropiado para extrusiones de baja presión.	- Subir temperaturas de las zonas media y trasera. - Reducir distancia entre gufa y dado lo más posible. - Aumentarse la temperatura de las zonas que más influyan en la temperatura del plástico.	- Cambiarse gusano.
II.2. - Poros en la pared del aislamiento.	- Humedad en el plástico.	Todos productos.	- Tiempo húmedo y almacenamiento prolongado del plástico en locales húmedos.	- Usar tolva secadora. - Almacenar el plástico en lugares secos, y en recipientes cerrados.	- Instalar tolvas secadoras en las máquinas. - Investigar otros medios de eliminar los volátiles durante la extrusión, como el caso de las tubuladoras con des carga de gases.
II.3. - Grandes ampollas o burbujas en el aislamiento.	- Volátiles arrastrados por el conductor y que al contacto con el plástico fundido. - Se expande al dejar al dado.	Productos cableados.	- Conductor húmedo o aceitoso. - Conductor con cableado flojo o con hilos levantados. - Hilo de identificación húmedo. - Cinta adhesiva sobre el cable.	- Limpiarse y precalentarse el conductor. - Secar hilo o cinta de identificación antes de extruir. - Secar el material en horno con tiro forzado de aire.	- Mejórese la operación de cableado.

PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LA EXTRUSION Y SUS SOLUCIONES

SINTOMA	DEFECTO BASICO	PRODUCTO EN QUE SE PUEDE PRESENTAR.	CAUSAS DEL PROBLEMA	ACCION CORRECTIVA	MEJORAS NECESARIAS
III. - DEFECTOS EN LA SUPERFICIE.					
III. 1. - Granos pequeños superficiales con apariencia de ARENOSO.	Partículas de resina debido a mala masticación del gusano.	- Cualquier producto.	- Falta contrapresión	- Aumentarse la contrapresión con mallas más finas en el filtro. - Acérquese la gúfa al dado. - Usar dados de cuña. - Agua de refrigeración en el gusano. - Aumentarse las temperaturas en las zonas de calentamiento de la extrusora.	- Cambiése el gusano por otro de hélice menos profunda. $\frac{L}{D} = 20$
III. 2. - Granos grandes que sobresalen en la superficie. En ocasiones se desprenden dejando hoyos en la superficie.	- Plástico quemado ó de gradado y de mayor consistencia al normal.	- Cualquier producto.	- Temperaturas arriba de lo recomendable para el plástico usado. - Pirómetros desajustados. - Mallas rotas. - Falla temperatura en el cabezal ó en las bridas. - Falta limpieza en el manejo del plástico.	- Bajar temperaturas en las zonas de calentamiento. - Cambiar mallas. - Cambiar plástico de la tolva.	- Checar ajuste de pirómetro en todas las zonas de calentamiento. - Colocar tapa en la boca de la Tolva.
III. 3. - Ojos de pescado.	- Viscosidad irregular del plástico.	- Cualquier producto.	- Falta contrapresión. - El plástico fundido no ha alcanzado su punto de equilibrio. - Mala calidad de la materia prima.	- Aumentar número de mallas. - Aumentar temperaturas. - Hacer circular agua en el interior del gusano.	- Elíjase extrusora de relación: $\frac{L}{D} = 20$ - Cambiése el gusano por otro de hélice menos profunda.
III. 4. - Líneas realizadas en la superficie.	- Superficie maltratada del dado.	- Cualquier producto; pero en especial aquellos con aislamientos ó chapas gruesas.	- Dado dañado por mal manejo o descuido.	- Pulir dado hasta eliminar las depresiones. - Usar una madera para botar el dado del portadado.	- Cambiar dado.
III. 5. - Ranuras en la superficie.	- Costras de material de gradado atrapadas entre gúfa y dado.	- Cualquier producto.	- Gusano con adherencias de plástico quemado que se desprenden por la compresión. - Pequeños pedazos de materiales ó alambre en el plástico.	- Limpiar gusano. - Vaciar plástico de la tolva. - Limpiar cabezas, gúfas y dado. - Cambiar lote de plástico.	- Comprobar limpieza de gusano y recámara.

PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LA EXTRUSION Y SUS SOLUCIONES

SINTOMA	DEFECTO FISICO	PRODUCTO EN QUE SE PUEDE PRESENTAR	CAUSAS DEL PROBLEMA	ACCION CORRECTIVA	MEJORAS NECESARIAS
IV. - ENTREGA DE LA MAQUINA					
IV.1. - Fluctuación en la entrega.	- Ondulaciones y variaciones en el diámetro del producto.	Chaquetas y aislamientos gruesos.	- Gusano inadecuado. - Exceso de temperatura en la zona alimentación. - Taponamiento en la base de la tolva por plástico reblandecido, ó por granulos pegados.	- Enfriar base de la tolva. - Usar temperatura más baja en la zona de alimentación en relación a las demás zonas. - Vaciar tolva y quitar tapón con plástico atorado.	- Revisar circulación del agua en la base de la tolva. - Revisar desgaste de gusano.
IV.2. - Baja entrega.	- La entrega de la máquina, no va de acuerdo con la entrega especificada por el fabricante.	No se relaciona con el producto.	- El gusano es de alta compresión, con paso muy largo ó con una profundidad de hélice muy pequeña.	- Limitar el enfriamiento del gusano a la zona de alimentación.	- Cambiar gusano por otro de diseño apropiado.
V. - VARIOS (no se relaciona con la naturaleza del compuesto).					
V. - Excentricidad entre conductor y aislamientos.	Aislamiento desplazado del centro del conductor.	- Cualquier producto.	- Gufa sobrada de tolerancia. - Falta de apriete de la gufa en el torpedo. - Dado inadecuado ó de \emptyset reducido. - Torpedo desgastado. - Falla temperatura en la cabeza de la máquina. - Falta de tensión en el conductor. - Tornillos centradores forzados. - Portadado muy deformado por los tornillos centradores.	- Checar diámetro de la gufa. - Fijar bien la gufa al torpedo. - Revisar tensión en el conductor.	- Cambiar de gufa. - Cambiar dado.

BIBLIOGRAFIA

- EXTRUSION OF PLASTICS
D.G. FISHER
NEWNES - BUTLER WORTHS

- BRABENDER TECHNICAL SERVICE No. 2210 E
BRABENDER OHG

- PLASTICS MOLD ENGINEERING
J. H. DUBOIS AND W. I. PRIBBLE
REINHOLD PUBLISHING CORPORATION

- MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA 1980

- REVISTA PLASTI-NOTICIAS 1980

- HANDBOOK OF PLASTICS AND ELASTOMERS
CHARLES A. HARPER
Mc GRAW - HILL 1975

- EXTRUSION DE TERMOPLASTICOS
RAMON ANGUITA DELGADO
H. BLUME EDICIONES

- HANDBOOK OF THERMOPLASTIC ELASTOMERS
WALKER
VAN NOSTRAND REINHOLD

- GUIDE TO PLASTICS 1979
McGRAW HILL MAGAZINE

- TRANSFORMACION DE PLASTICOS
V. K. SAVGORODNY
ED. GUSTAVO GILI

- MOLDES PARA INYECCION DE PLASTICOS
G. MENGES Y G. MOHREN
ED. GUSTAVO GILI

- MODERN PLASTICS INTERNATIONAL
McGRAW-HILL MAGAZINE

- APUNTES DE ELASTOMEROS PIRELLI

- INFORMACION TECNICA CONDUMEX, S. A.

- INFORMACION TECNICA FACE, S. A.

