



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

TITULO DEL TEMA :
**ESTUDIO TECNICO ECONOMICO SOBRE EL USO DE
ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN
AUTOCLAVE, PARA PRODUCTOS
ALIMENTICIOS**

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N:

Columba López Pérez

Martha Estela Santiesteban Oliva



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

I. INTRODUCCION	1
II. GENERALIDADES SOBRE ENVASES FLEXIBLES	5
A. METODOS DE LAMINACION	7
B. ADHESIVOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONVERSION	15
C. ELIMINACION DE LOS SOLVENTES PRESENTES EN LOS ADHESI VOS	28
D. PRUEBAS DE LOS MATERIALES FLEXIBLES Y DE LOS ENVASES	29
1. TRANSMISION DE VAPOR DE AGUA	30
2. TRANSMISION DE GASES	30
3. RESISTENCIA A LA PENETRACION DE GRASAS	31
4. TRANSPARENCIA	31
5. RASGADO	32
6. RESISTENCIA A LA EXPLOSION	32
7. RESISTENCIA DE LOS SELLOS	35
8. RESISTENCIA A LA DESUNION DE LAMINAS	38
9. PRUEBA DE ESTERILIDAD	40
E. MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACION DE ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN AUTOCLAVE	42
1. HOJAS DE ALUMINIO	42
2. PELICULA DE POLIAMIDA	43
3. POLIESTER	44
4. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	45
5. POLIPROPILENO ORIENTADO	46
III. ANTECEDENTES DEL USO DE ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN OTROS PAISES.	49
IV. DISEÑO DE UN ENVASE FLEXIBLE ESTERLIZABLE EN AUTOCLAVE .	56
V. EQUIPO INDUSTRIAL NECESARIO PARA LA FABRICACION DE ENVA- SES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN AUTOCLAVE	65

A.	TREN DE IMPRESION	65
B.	LINEA DE LAMINACION POR EXTRUSION	65
	1. SECCION DE EMBOBINADO Y DESEMBOBINADO	68
	2. SECCION DE APLICACION DEL RECUBRIMIENTO	69
	3. SECCION DE SECADO	70
	4. SECCION DE EXTRUSION	70
	5. SECCION DE COMBINACION	72
C.	SECCION DE FORMACION Y LLENADO DE LAS BOLSAS	73
D.	SECCION DE ESTERILIZACION	76
VI.	EVALUACION ECONOMICA	78
VII.	CONCLUSIONES	89
VIII.	BIBLIOGRAFIA	92

INDICE DE FIGURAS, DIAGRAMAS Y TABLAS.

FIG. II.1	LAMINACION HUMEDA	8
FIG. II.2	LAMINACION SECA	9
FIG. II.3	LAMINACION POR CERAS	11
FIG. II.4	LAMINACION TERMICA	12
FIG. II.5A	LAMINACION POR EXTRUSION	13
FIG. II.5B	LAMINACION POR EXTRUSION, A BAJA TEMPERATURA .	14
FIG. II.6	RODILLOS DE COMBINACION	16
FIG. II.7	COPA ZAHN	22
FIG. II.8	APLICACION DE ADHESIVO	24
FIG. II.9	TIPOS DE CELDAS	25
FIG. II.10	DIFERENCIAS ENTRE LAS CELDAS GRABADAS MECANICA Y FOTOQUIMICAMENTE	27
FIG. II.11	MEDIDOR DE TRANSPARENCIA	33
FIG. II.12	ELMENDORF	34
FIG. II.13	RESISTENCIA A LA EXPLOSION, MULLEN	36
FIG. II.14	RESISTENCIA DE LOS SELLOS	37
FIG. II.15	AMTHOR	39

FIG.	V.1	TREN DE IMPRESION	67
FIG.	V.2	TORNILLO DE EXTRUSION	71
FIG.	V.3	LINEA DE LAMINACION	73
FIG.	V.4	FORMACION Y LLENADO DE BOLSAS	75
FIG.	V.5	AUTOCLAVE CONTINUO	77
FIG.	VI.1	EVALUACION DE COSTOS	84
TABLA	II.1	PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS	20
TABLA	II.2	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FORMACION DE ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZA- BLES EN AUTOCLAVE	48
TABLA	III.1	MATERIALES EMPLEADOS PARA EFEPAS EN ESTADOS U NIDOS Y EN JAPON	52
TABLA	III.2	ENVASES FABRICADOS EN OTROS PAISES	55
TABLA	IV.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS CON DIFE RENTES MATERIALES	64
TABLA	V.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS OPERACIONES EFECTUA- DAS	66
TABLA	VI.1	COSTOS DE INVERSION DE UNA PLANTA ENVASADORA DE EFEPAS	83
TABLA	VI.2	VOLUMENES DE EXPORTACION, IMPORTACION Y PRO- DUCCION DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FORMACION DE LATAS	87

I. INTRODUCCION.

En los primeros años de la década de los cincuentas se inició el desarrollo de los envases flexibles esterilizables en autoclave ("Retort Pouch"), con la intención de minimizar algunas de las desventajas de las latas de acero recubiertas de estaño o con barnices.

Desde la invención de Peter Durand, en Inglaterra en 1810, de la lata o bote de acero estañado, introducida diez años más tarde en Estados Unidos, ningún intento se había hecho para atenuar los in convenientes, principalmente económicos, de este invento que culmi nó en 1900 también en Estados Unidos, con la patente del bote ó lata sanitaria ("Sanity Can"), del que en la actualidad se produ cen en Norteamérica, la increíble cifra de 60 billones de unidades (1970).

Tanto en Japón como en varios países europeos y más recientemente en Estados Unidos, los envases esterilizables del tipo flexible, se han comercializado rápidamente por las siguientes razones:

- * Se pueden envasar porciones menores que en las latas.
- * El almacenamiento resulta más económico por la relación del pe so contra el volumen.
- * El transporte resulta más económico por la misma razón ante rior.
- * Se conservan mejor los sabores originales.
- * Se requiere menos energía para la operación de esterilización.
- * Se abren con más facilidad.

* Acortan el tiempo de preparación en el hogar.

* Se pueden hacer diseños gráficos más atractivos.

Por las razones anteriores, pero muy especialmente, porque consideramos que por sus características, los envases flexibles esterilizables ayudarían a resolver el problema ancestral que en México se tiene en la producción y distribución de los alimentos, es que se ha escogido el tema para la presente tesis.

El nombre de "Retortable pouch" con que se denomina a estos envases proviene de que la esterilización de las bolsas se hace en un autoclave o retorta del mismo tipo del que se utiliza para la esterilización de las latas y a la forma como se termosellan las láminas flexibles que conforman la bolsa, que corresponde a lo que en Norteamérica se denomina "pouch". No existe ninguna palabra en español que tenga el significado preciso de lo que se llama "retortable pouch", por ello en el presente trabajo se utiliza a manera de traducción la siguiente leyenda: "envases flexibles esterilizables por autoclave", o su abreviatura: "efepa".

Hasta principios de 1950, se habían hecho muchos intentos para esterilizar por calor, en autoclave, diversos productos alimenticios en envases flexibles, que consistían principalmente de la combinación, mediante el proceso de laminación, de películas plásticas con aluminio, pero que presentaban después de la esterilización diversas imperfecciones, como son: deslaminación, deformación de los sustratos, contaminación del alimento con el adhesivo empleado, entre otras. Tales dificultades por diversas limitaciones técnicas, no pudieron superarse rápidamente y no fué sino hasta 1960 que aparece comercialmente el primer envase flexible esterilizable en autoclave, desarrollado por una compañía sueca; en 1976 se observa el inicio del desarrollo de este tipo de envases en Japón, cuando la compañía "Otsuka Pharmaceutical Company" envasa e introduce en su mercado local, una salsa de curry; en 1980 se encontraron en el mercado de comestibles japonés, 162 ti-

pos de alimentos presentados en envases flexibles esterilizables y que resultan difíciles de encontrar en otro tipo de recipientes, teniéndose una producción anual promedio de 450 millones de estos envases y observándose que tienen una vida de anaquel de 2 años, aproximadamente.

En el desarrollo de estos envases destaca una cosa en común: que ningún material por sí solo satisface los requerimientos de resistencia a las condiciones de la esterilización por autoclave, ni ofrece la protección que dan las latas de acero estañado o de aluminio; en todos los casos es necesario combinar por distintos métodos, entre los que destacan la laminación seca, laminación por extrusión y la coextrusión, distintas películas flexibles como son el poliéster, el polipropileno, el polietileno y la hoja de aluminio.

En el presente trabajo se hace una revisión tecnológica de manufactura de los "efepas", describiendo las estructuras más frecuentemente empleadas, sus propiedades, sus ventajas y desventajas, entre otras.

Así mismo se describe la estructura de la laminación que proponemos para México; porque la combinación de materiales que en otros países resulta la más conveniente, en nuestro país podría no serlo, tanto por la calidad de las películas nacionales, como por diferencias en las condiciones del proceso de laminación o bien por dificultades en la importación de materias primas.

A continuación, se presenta un cuadro en donde aparece el resumen de todos los experimentos efectuados, así como las pruebas de laboratorio a que se sometieron las bolsas producidas.

Se describen también los equipos de impresión y de laminación, las máquinas empacadoras y los autoclaves que se emplearon para efectuar el presente trabajo.

Se concluye el trabajo con un estudio económico preliminar, en base a datos del año de 1980 y haciendo una evaluación para 1982, en la que se comparan los costos de los envases flexibles esterilizables por autoclave y la lata de acero estañado, con la capacidad que más comúnmente se encuentra para productos alimenticios en el mercado nacional.

El trabajo que presentamos, será de interés para aquellas personas o empresas que deseen encontrar nuevas ideas para el envasado de productos alimenticios, así como para las que elaboren el envase, debiendo éstas hacer un estudio más detallado cuando empleen "efepas" para un producto en especial, porque el estudio realizado es únicamente sobre el envase y no para un producto a envasar.

Estos envases pueden contribuir en alto grado a un mejor aprovechamiento de los recursos de que se disponen para la producción de ciertos alimentos. Quizá el ejemplo más palpable en el país, es el caso de los productos pesqueros que, como es sabido, son alimentos con un alto contenido de proteínas, pero que no pueden hacerse llegar a muchas poblaciones por falta de sistemas de refrigeración, por lo que, aunque se dispone de un gran potencial de captura, éste no se utiliza en su totalidad y una gran mayoría de los productos obtenidos de esta actividad no son para el consumo humano, sino que son procesados para utilizarse como alimento de animales.

El desarrollo de la población y una mejor alimentación de la misma, no se logra solamente mediante un aumento de la producción, ésta debe ser aprovechada en su totalidad y para ello se requiere mejorar y actualizar las redes de industrialización, comercialización y distribución de los alimentos; con el método propuesto de envasado se facilitan dichas acciones.

II. GENERALIDADES SOBRE ENVASES FLEXIBLES.

En la industria alimenticia los envases flexibles herméticamente sellados tienen una gran aceptación, ya que dependiendo de los materiales que los forman, varían sus propiedades de resistencia, de protección, de funcionalidad y de presentación.

En el mercado se encuentran alimentos procesados, carne fresca y congelada, pescados y mariscos, vegetales congelados, polvos tales como harina, café, polvo de hornear, saborizantes artificiales, azúcar, condimentos, cereales, frutas, jugos, leche y productos lácteos, entre otros; todos ellos contenidos en envases flexibles.

Desde su origen los envases flexibles han sufrido una serie de cambios en los materiales que los constituyen y actualmente se forman mediante la combinación de películas plásticas, hojas de aluminio, películas plásticas metalizadas o papel. La selección apropiada de los materiales que forman el envase puede proveer una barrera que proteja al alimento de contaminaciones bacterianas, de gases ambientales, de vapor de agua, de luz, pero ocasionalmente no son lo suficientemente fuertes para proteger su contenido de un manejo inapropiado, por lo que en estos casos es necesario emplear además un envase rígido; dicha barrera puede sustituir en algunos casos a los conservadores y a los estabilizadores químicos, pues evita la pérdida o ganancia de humedad u otros componentes gaseosos del medio ambiente y del producto, estas condiciones conservan en buena medida las características organolépticas del alimento.

El uso de hojas de aluminio en las laminaciones ha permitido el desarrollo de los envases flexibles esterilizables en autoclave, ya que dadas sus altas propiedades de barrera, aseguran la integridad de las características de los alimentos hasta el momento de su consumo, sin necesidad de refrigeración.

El envase flexible tipo bolsa ("pouch"), puede fabricarse en tres formas:

- ° La bolsa en forma de almohada, caracterizada por una costura trasera que une las orillas opuestas del empaque, esta costura puede ser un sello aletado, si la capa interna de la bolsa es de un material termosellable y el sello así formado será muy resistente; la costura trasera también puede ser por traslape, obteniéndose así un sello de menor fuerza, pero en el que se emplea una menor cantidad de material.
- ° Bolsa sellada por los tres lados, la cual se forma doblando el material a la mitad, el doblez resultante es uno de los lados de la bolsa, si éste también se sella, se logra una mayor durabilidad del envase; posteriormente se sellan los otros tres lados, el envase así formado es de gran calidad. Este tipo de bolsa se emplea para los envases flexibles esterilizables en autoclave, utilizando el que está sellado por los cuatro lados.
- ° Bolsa sellada por cuatro o más lados, para hacer estas bolsas se requiere de dos piezas de material, que pueden o no ser del mismo tipo, todas las aristas de los materiales se termosellan, esta técnica permite tener envases de diversas formas geométricas.

Las películas seleccionadas para formar parte de un envase se unen entre sí mediante el proceso de laminación, con ayuda de un adhesivo o de recubrimientos plásticos. Para impartir propiedades adicionales a la lámina formada, se pueden aplicar recubrimientos especiales como son las lacas, ciertos polímeros, etc. Se emplean resinas plásticas para modificar o mejorar algunas características de las láminas como son su termosellabilidad, barrieras a la humedad, al olor y a las grasas, brillo, claridad, propiedades antiestáticas, facilidad de deslizamiento y resisten

cia mecánica, entre otras.

A. Métodos de Laminación.

Una vez seleccionados los materiales a unir y el adhesivo que se empleará para realizar la unión, se procede a seleccionar el método más adecuado para efectuarla. Los métodos de laminación que existen son básicamente cinco:

- * Laminación húmeda: en este proceso se emplean generalmente adhesivos cuyo dispersante es agua, uno de los materiales a laminar debe ser permeable al vapor de agua. El adhesivo se aplica sobre el sustrato menos permeable, una vez hecho esto, se une al otro sustrato haciéndolos pasar a través de los rodillos de combinación, posteriormente se les pasa por un secador, en donde se elimina el agua, se enfrían y se embobinan. Este tipo de laminación se utiliza preferentemente para unir hojas de aluminio a papel y en menor grado, películas plásticas a papel. Ver Fig. II.1.
- * Laminación seca: esta laminación se emplea para unir dos sustratos no porosos. El adhesivo se aplica al sustrato menos deformable térmicamente y se hace pasar este sustrato a través de un secador para eliminar el solvente, posteriormente se une al otro sustrato en los rodillos de combinación, una vez hecha la unión, se enfría y se embobina la lámina formada. Este método se emplea generalmente para unir hojas de aluminio con sustratos plásticos. Ver Fig, II.2.
- * Laminación con ceras o con ceras modificadas: en este método la cera fundida se aplica sobre uno de los sustratos y se une al otro en el par de rodillos de combinación, una vez realizada la unión se enfría la laminación y se embobina. Se emplea para unir aluminio a papel y celofán a celofán. Como consecuencia de las características de las ceras, la unión presenta una baja resistencia al calor, por lo que

FIG. II·I
LAMINACION HUMEDA

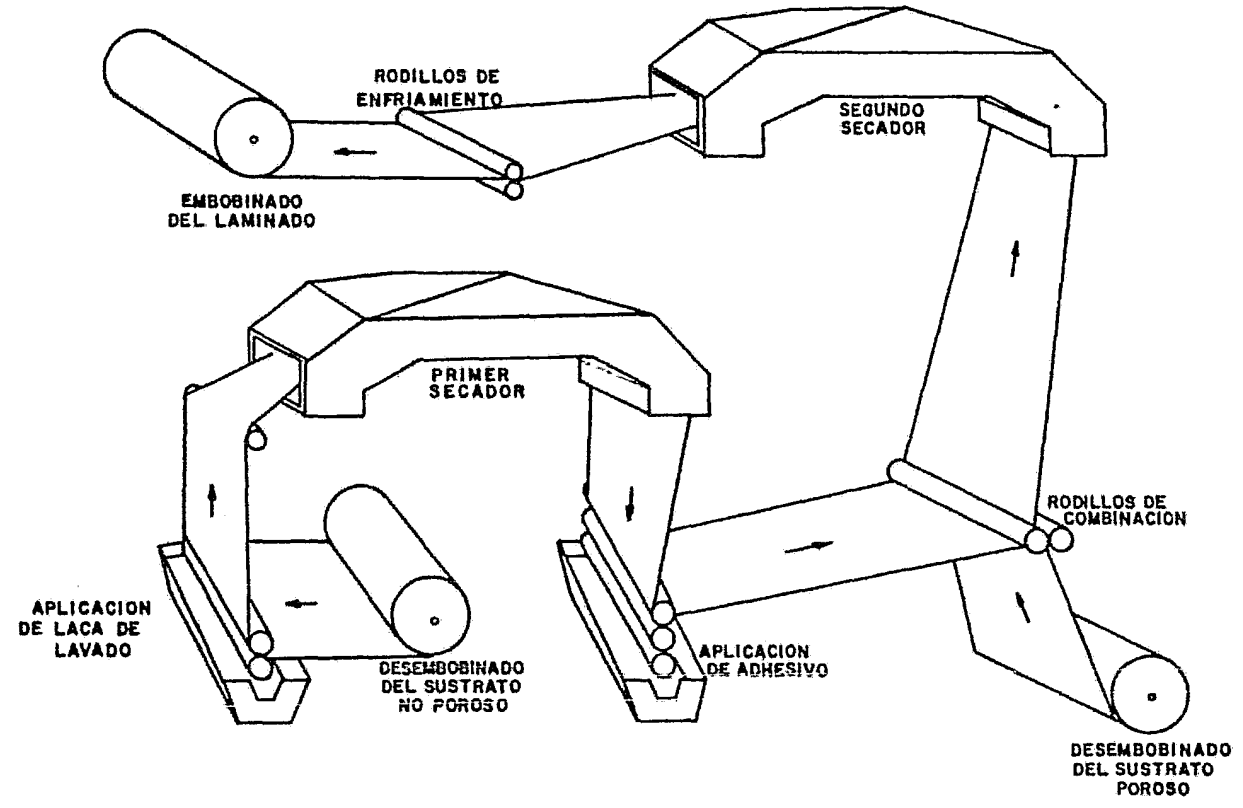
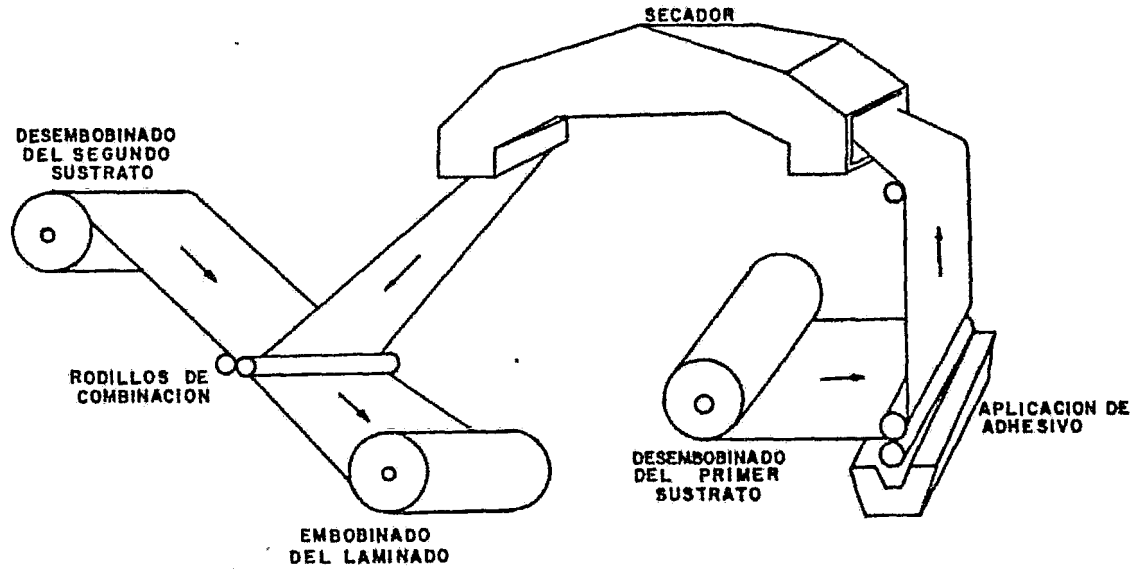


FIG. II-2
LAMINACION SECA



se ven limitados sus usos. Ver Fig. II.3.

- * Laminación térmica: los sustratos que se laminan térmicamente tienen un recubrimiento de laca de sellado al calor. Este tipo de unión tiene limitaciones en velocidad debido a que una cantidad suficiente de calor debe penetrar para hacer el trabajo de unión y resulta inadecuado en sustratos que tengan impresión interna. Generalmente se emplea para unir celofán a celofán. Ver Fig. II.4.

- * Laminación por extrusión: este método presenta dos opciones, la primera en la que una resina se extruye en forma de película, directamente sobre uno de los sustratos y posteriormente se une al otro sustrato en los rodillos de combinación, se enfría y se embobina la lámina formada. La resina extruida actúa como adhesivo, hay ocasiones en las cuales es necesario precubrir al sustrato con un promotor de adhesión; este caso se conoce como laminación por extrusión en caliente. Ver Fig. II.5a. La segunda opción que se tiene es hacer caer la resina extruida entre dos rodillos y antes de la combinación de esta película con el otro sustrato, se hace pasar la cara de la lámina que va a estar en contacto con el otro sustrato a través de un excitador electrónico, que produce una oxidación en la película, posteriormente se combina con el otro sustrato, previamente cubierto con un promotor de adhesión, se enfría y se embobina la lámina formada; a este tipo de extrusión se le denomina de baja temperatura. Ver Fig. II.5b.

Cabe hacer notar que en todos los métodos citados, la aplicación del adhesivo se hace sobre el sustrato menos permeable, para evitar desperdicios. Si el sustrato o sustratos se hacen pasar a través de un secador, la temperatura de éste no debe alterar las características del o de los sustratos.

En todos los casos anteriores, la operación de unión de los

FIG. II · 3
LAMINACION POR CERAS

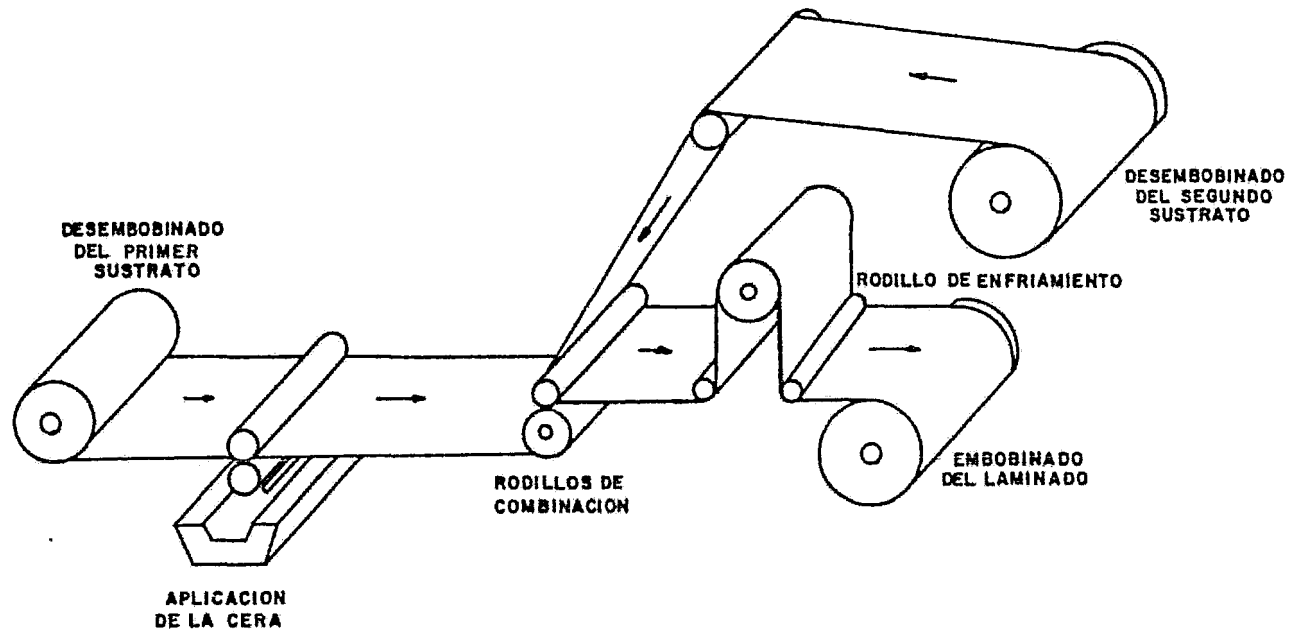


FIG. II,4
LAMINACION TERMICA

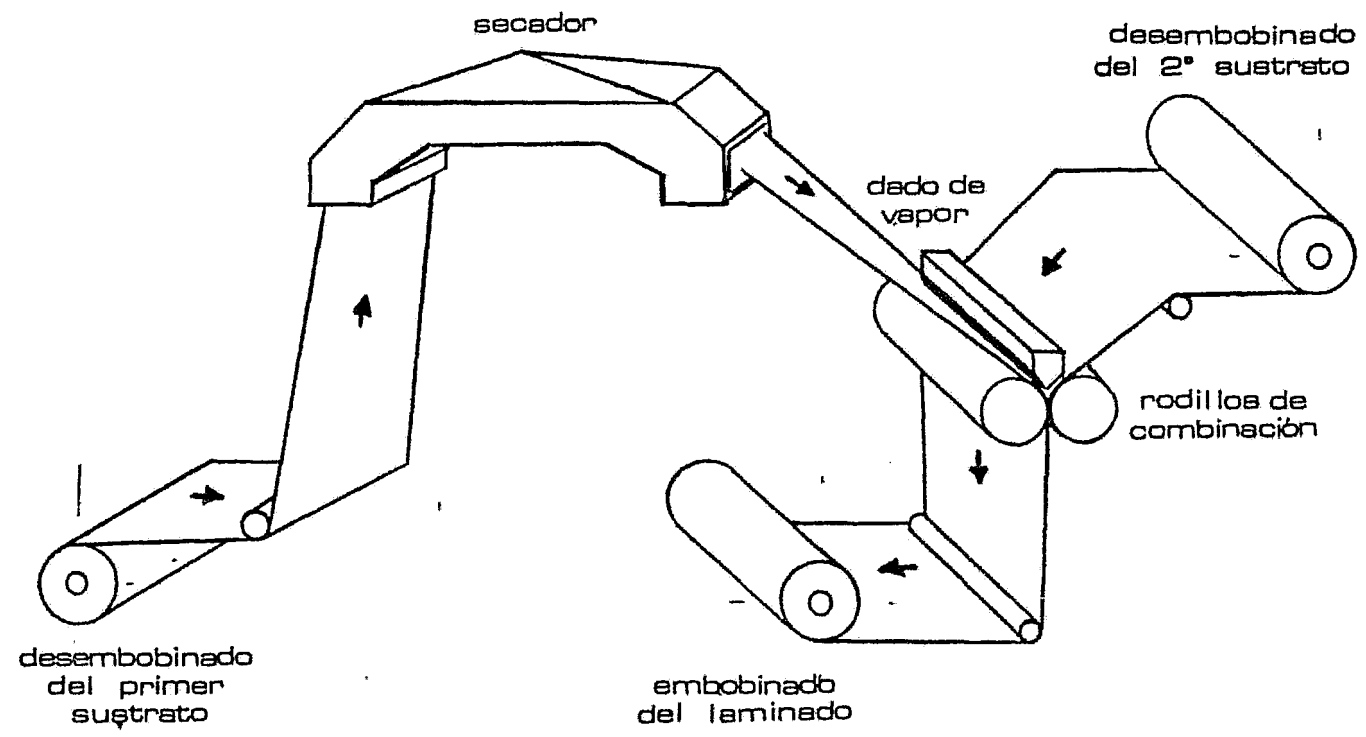


FIG. II-5
LAMINACION POR EXTRUSION

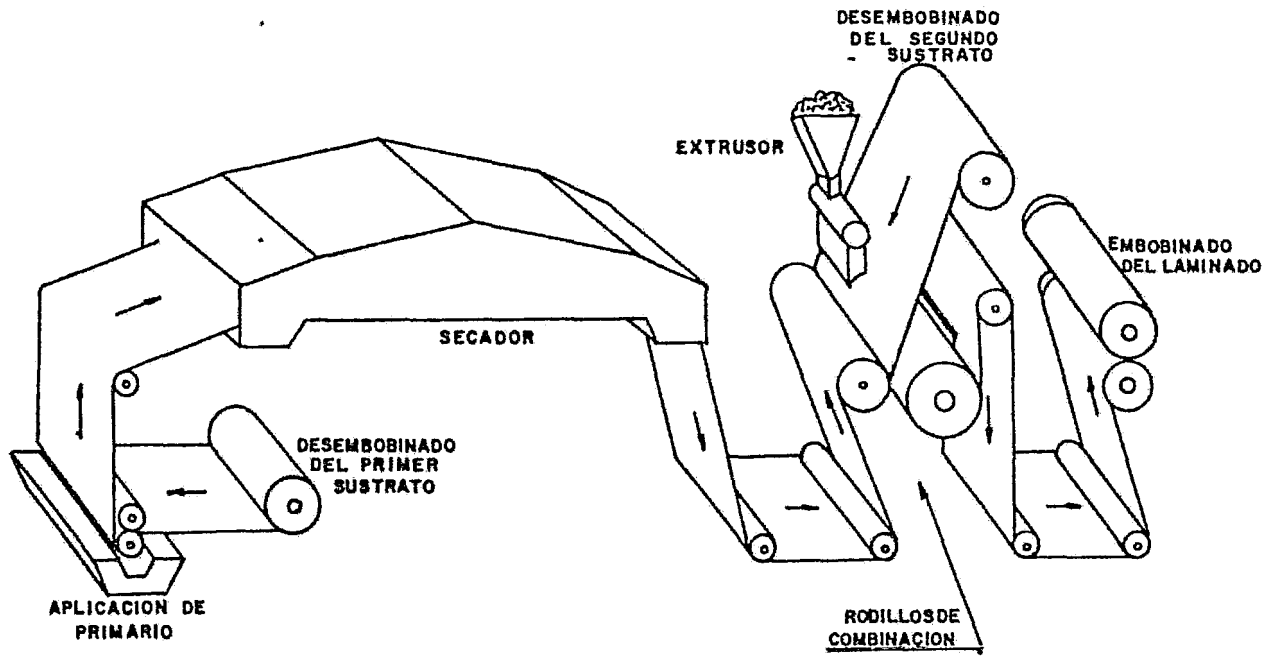
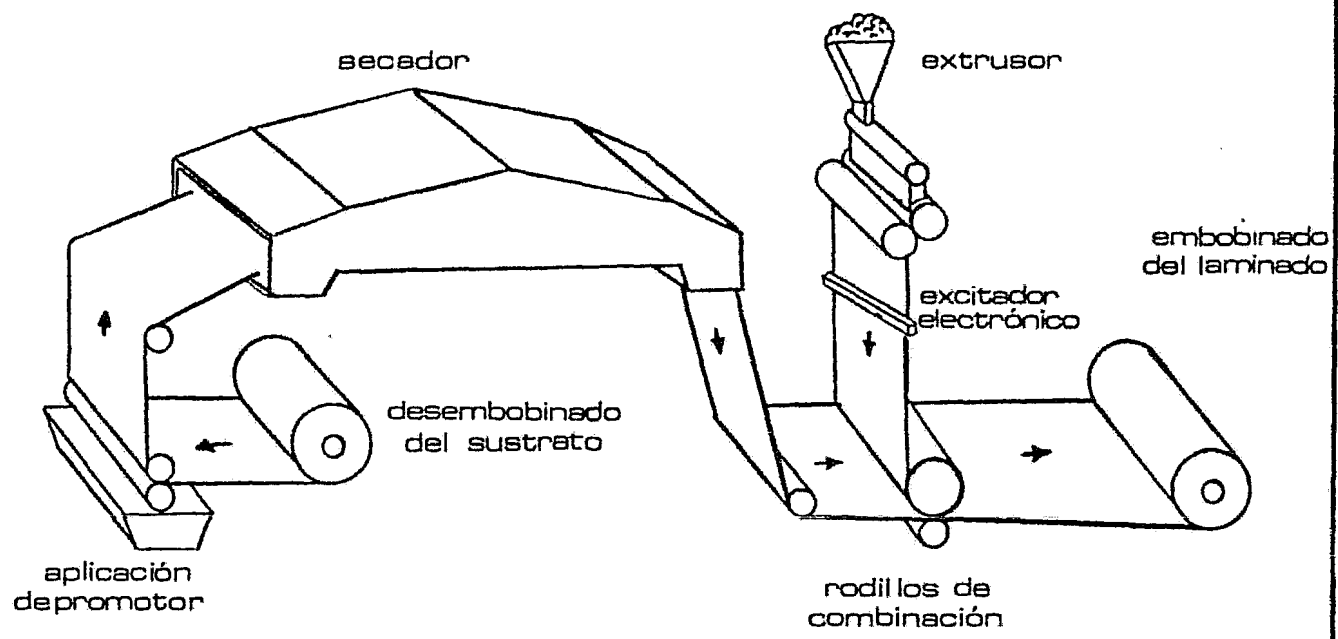


FIG. II.5b
LAMINACION POR EXTRUSION
DE BAJA TEMPERATURA



sustratos se lleva a cabo en los rodillos de combinación, con sistentes de un rodillo de metal, que puede calentarse o en- friarse internamente con aceite o agua, ya sea para reactivar a los adhesivos en el caso de las laminaciones secas o bien pa ra enfriar la película extruida en el caso de laminaciones por extrusión, manteniendo siempre la temperatura de combinación constante; y un rodillo de hule cuya función es ejercer pre- sión. En el caso de la laminación seca, debe tomarse en cuenta la naturaleza de los sustratos a combinar, cuidando siempre que el sustrato menos deformable por la acción del calor, sea el que esté en contacto con el rodillo de metal, resultando in dispensable que el rodillo de metal pueda girar en ambos sentidi dos y que existan dos rodillos de hule en cada unidad de combini nación, para tener varias alternativas. Ver Fig II.6.

B. Adhesivos empleados en la industria de la conversión

Existe una muy amplia gama de adhesivos y promotores de adhesi ón que se utilizan en las operaciones de laminación. En particular, cuando el envase flexible va a estar destinado a un a limento o a cualquier material ingerible, como podría ser un medicamento, el adhesivo o los adhesivos usados deberán satisfacer normas muy rígidas de calidad, teniendo que cumplir con las siguientes características: ser atóxicos, inodoros, insípidi dos, transparentes, flexibles, inertes a la acción de los agentes químicos que contienen los elementos envasados, resistentes a una gama de temperatura muy amplia, que va desde las temper aturas de termosellado y de esterilización, para los que así tengan que procesarse, o de cocción del alimento, hasta las de refrigeración y congelación.

Adicionalmente el adhesivo deberá tener una baja viscosidad, aún cuando su contenido de sólidos sea alto, deberá ser soluble o emulsionable en los solventes habituales que se emplean en las artes gráficas, como son los alcoholes, el acetato de etilo, el tolueno, la metil etil cetona y el hexano; con el obje-

FIG. II-6
 RODILLOS DE COMBINACION

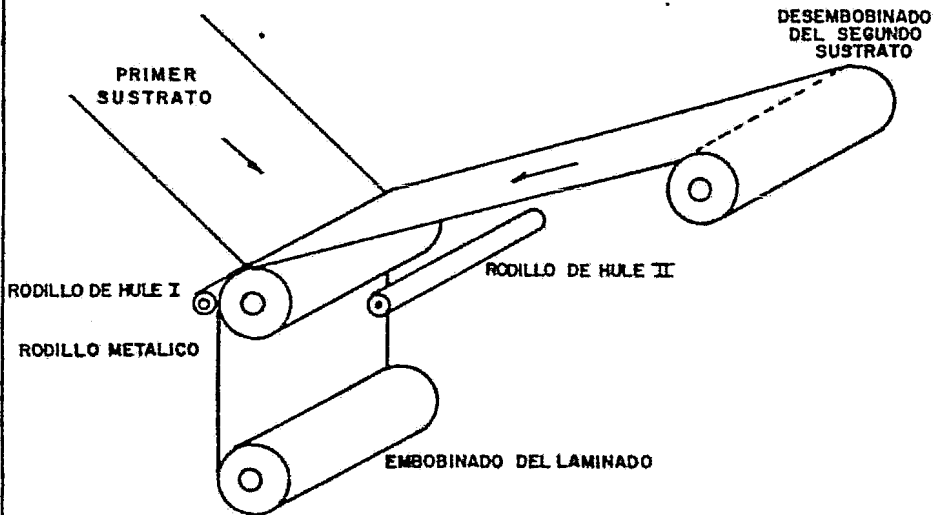


FIG. II-6-A SEGUNDO SUSTRATO MAS RESISTENTE

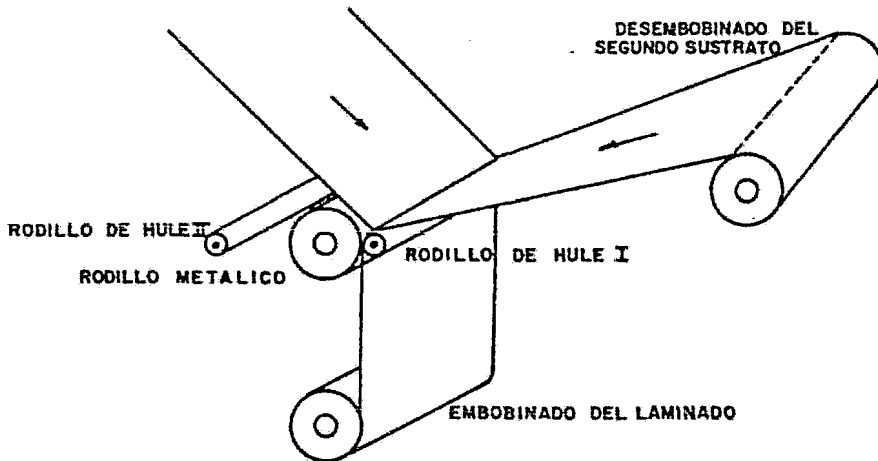


FIG. II-6-B PRIMER SUSTRATO MAS RESISTENTE

NOTA: EL RODILLO DE HULE I EJERCE PRESION, MIENTRAS QUE EL RODILLO DE HULE II PERMANECE ESTATICO

to de que se puedan manejar con facilidad en las unidades de rotograbado de las máquinas de laminación.

La adhesividad inicial, llamada "en verde" ("green tack"), deberá ser lo más alta posible y en el caso de los adhesivos de curado, la adhesividad deberá alcanzar valores altos en lapsos no mayores de 24 horas. Lo ideal es que con gramajes inferiores a 4 g / m^2 , se logren adherencias superiores a 300 g / 2.54 cm .

Los adhesivos se clasifican según su naturaleza química y también según el número de componentes requeridos para su formulación, los más comunes son: los de poliéster-isocianato, los de poliéter-isocianato, los acrílicos, los vinílicos y los que resultan de la combinación o modificación de los enlistados. También son bastante frecuentes los adhesivos derivados de la caseína y los silicatos.

Según el número de componentes, la clasificación es muy sencilla, ya que pueden ser de dos componentes, como los de poliéster-isocianato o bien poliuretanos prepolimerizados que son de un solo componente.

Hay una clasificación que se basa en la cantidad de sólidos depositados sobre el sustrato, así se dice que cuando ésta es menor de 1 g / m^2 se trata de un promotor o primario y arriba de esta cifra se trata de un adhesivo propiamente dicho.

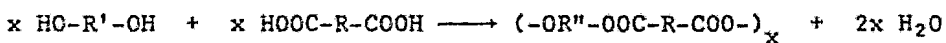
En el caso concreto de los envases flexibles esterilizables en autoclave, a todos los requisitos que debe satisfacer el adhesivo y que se han mencionado en párrafos anteriores, se suma el hecho de que debe evitarse que durante el proceso de esterilización por calor en el autoclave, algunos componentes del adhesivo se transfieran al alimento, produciéndose un olor o un sabor desagradable, o lo que es más grave aún, si el componente que se transfiere es tóxico, pueden ocurrir envenenamientos.

En los Estados Unidos de Norteamérica, la F. D. A. (Food & Drug Administration) encontró huellas de isocianatos libres, transferidos del adhesivo de poliuretano a los alimentos y proscribió el empleo de éstos para envases flexibles esterilizables en autoclave. Actualmente se está empleando un adhesivo de polipropileno, en vez de poliuretano, pero en Japón y en varios países de Europa se siguen usando distintos poliuretanos, en fórmulas muy bien balanceadas, para que se garantice la ausencia de isocianatos libres.

En el caso concreto de nuestro trabajo, se realizó investigación, hasta encontrar el poliéster y el isocianato más adecuados y a su vez se hicieron diversas experiencias para determinar el balance adecuado de estos componentes.

Utilizando un pequeño reactor de acero inoxidable, de 500 litros con agitación y serpentines de calentamiento exteriores e interiores, se corrieron pruebas con nueve ácidos dicarboxílicos y etilen glicol, utilizando ácido fosfórico como catalizador y efectuando las reacciones con corriente de Nitrógeno. La temperatura de reacción fué de 200 °C y la presión de 1 atm.

Las reacciones de policondensación por esterificación directa entre el ácido carboxílico y el etilen glicol puede representarse de la siguiente manera:



Los nueve poliésteres obtenidos, se hicieron reaccionar con toluen diisocianato en la proporción señalada en la fórmula de la Tabla II.1 y se aplicó sobre una película de poliéster "A", la que por el método de laminación seca, se unió a una hoja de aluminio y a su vez, este conjunto se unió, por la cara del poliéster, con una película de polietileno de baja densidad de 50 micras de espesor.

La cantidad de sólidos depositada en cada una de las operaciones de laminación, fué de 2.25 gramos por metro cuadrado. Se hicieron pruebas de adherencia en un "Amthor", en verde, es decir, saliendo de la máquina de laminación y después de 72 horas se repitieron las determinaciones, los resultados se resumen en la Tabla II.1.

Finalmente decidimos usar un poliéster derivado de tres ácidos dicarboxílicos y etilen glicol, en la siguiente proporción:

Acido azelaico	35 %
Acido isoftálico	11 %
Acido tereftálico	20 %
Etilen glicol	34 %

Para promover la formación del poliuretano correspondiente y evitar que el proceso de esterilización del alimento, se iniciara antes de que la reacción entre el poliéster y el isocianato modificado hubiera terminado, catalizamos la reacción empleando una solución al 2 % de metil dietanol amina en tolueno, para acelerar la reacción o curado del adhesivo.

La temperatura en el secador de la laminadora y la presencia de la amina terciaria, aceleran la reacción y la orientan hacia la formación de un polímero altamente estable.

Los experimentos posteriores confirmaron un nivel tan bajo de isocianatos transferidos que prácticamente pueden considerarse como despreciables.

La adecuada aplicación de los adhesivos sobre los sustratos, influirá en alto grado en la calidad de la laminación obtenida

Tabla II.1

ACIDO DICARBOXILICO	GLICOL	PUNTO DE FUSION	TOLUEN DIISOCIANATO	ANTHOR EN VERDE	ANTHOR 72 HORAS	WYTR	RESISTENCIA A GRASAS	RESISTENCIA TERMICA	RESISTENCIA QUIMICA
HOOC(CH ₂) ₄ COOH adipico	HO(CH ₂) ₂ OH	52 °C	2,4 t.d.i.	120	860	0.01	buena	buena	buena
HOOC(CH ₂) ₇ COOH azelaiico	HO(CH ₂) ₂ OH	52 °C	2,6 t.d.i.	110	800	0,01	buena	buena	excelente
HOOC(CH ₂) ₈ COOH sebaciico	HO(CH ₂) ₂ OH	80 °C	mezcla 80:20 (2,4):(2,6)	125	1000	0.01	buena	excelente	buena
HOOC(CH ₂) ₈ COOH maleico (anhidro)	HO(CH ₂) ₂ OH	11q a 88°C	80:20	110	700	0.01	buena	buena	buena
HOOC-CH=CH-COOH fumariico	HO(CH ₂) ₂ OH	11q a 90°C	80:20	100	700	0.012	buena	buena	buena
HOOC-C ₆ H ₄ -COOH anhidrído ftálico	HO(CH ₂) ₂ OH	92 °C	80:20	90	700	0.012	buena	buena	buena
HOOC-C ₆ H ₄ -COOH anhidrído isoftálico	HO(CH ₂) ₂ OH	103 °C	80:20	100	900	0.01	excelente	buena	excelente
HOOC-C ₆ H ₄ -COOH anhidrído tereftálico	HO(CH ₂) ₂ OH	250 °C	80:20	110	1000	0.01	buena	excelente	excelente
Azelaico ...35 % Isoftálico .11 % Tereftálico.34 %	HO(CH ₂) ₂ OH	96 °C	80:20	120	1200	0.01	excelente	excelente	excelente

y resulta muy importante que durante el proceso se tenga un control sobre los siguientes puntos:

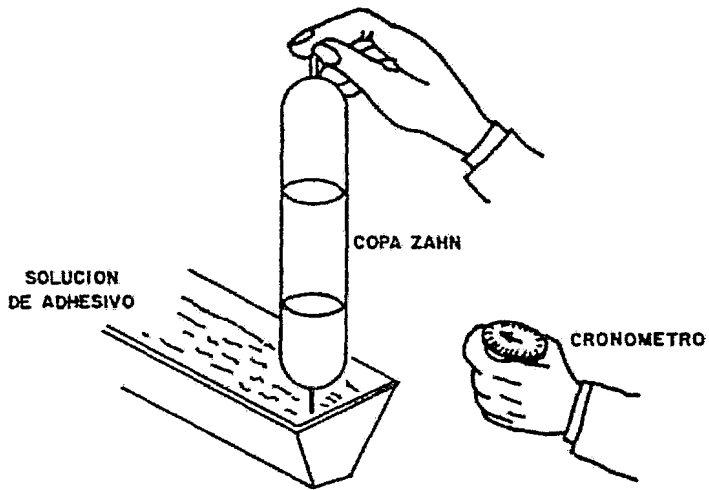
- * Viscosidad de la solución del adhesivo.
- * Cantidad de sólidos depositados en la superficie del sustrato.
- * Ausencia de burbujas.
- * Uniformidad de la aplicación.

La viscosidad de la solución adhesiva se mide durante el proceso ocupando una copa Zahn, la cual se sumerge en la solución hasta llenarse y se toma el tiempo que tarda en vaciarse por un orificio que se encuentra en el fondo de la copa, ver Fig. II.7; existen cuatro medidas de orificio de la copa, de tal modo que el tiempo que tarde en vaciarse sea razonable, esto es función de la viscosidad; en el laboratorio se utiliza la copa Ford, que trabaja con un principio similar. El tiempo de vaciado de la co pa nos da una medida relativa de la viscosidad de la solución, ya que para fines prácticos es suficiente con tener un valor con el cual se pueda establecer una comparación con el valor nominal de la viscosidad, asegurando de este modo que se está trabajando en el rango de viscosidad adecuado.

La viscosidad ideal de la solución está en función del método de aplicación de ésta, del sustrato empleado, del diseño y velocidad de la máquina de aplicación.

La aplicación del adhesivo se realiza comúnmente por el método de rotograbado, conocido también como huecograbado, ya que este método permite tener un muy buen control de las condiciones durante la aplicación; este método consiste en un rodillo grabado que se hace girar dentro de un depósito de acero inoxidable, que contiene la solución de adhesivo y en su parte superior hace contacto con el sustrato al cual se aplica; el exceso de so-

FIG. II · 7
COPA ZAHN



lucción sobre el rodillo, es decir, la que no se encuentra contnida en las celdas, se elimina mediante una cuchilla de acero ("doctor blade"), ver Fig. II.8, la cual oscila a lo largo del cilindro por un mecanismo accionado mediante un excéntrico; el rodillo es un cilindro de cobre, balanceado estática y dinámicamente empleando contrapesos si es necesario; grabado fotoquímica o mecánicamente y cromado electroquímicamente con cromo duro.

El proceso de grabado mecánico de los rodillos consiste en un rodillo "moleteado", generalmente de acero inoxidable, en cuya superficie se encuentra el grabado a aplicar, el cual al hacerse girar ejerciendo presión sobre el rodillo de cobre, irá formando sobre éste las celdas.

Los diferentes grabados del cilindro se determinan en función del peso de sólidos que se desea aplicar. Las celdas grabadas mecánicamente pueden ser de la forma piramidal, cuadrangular y helicoidal. Ver Fig. II.9.

El proceso de grabado fotoquímico se hace sobre un rodillo de cobre perfectamente limpio, que se cubre completamente con una sustancia fotosensible, se envuelve con una malla y se expone al ataque fotoquímico en una celda, controlando el tiempo de exposición de acuerdo a la profundidad deseada. Una vez grabado el rodillo, debe ser limpiado perfectamente para eliminar impurezas como son las grasas, óxidos, polvo, etc., ya que su existencia ocasionaría imperfecciones en el cromado.

El cromado de los rodillos grabados es por depósito electroquí mico de cromo y se efectúa introduciendo verticalmente el rodillo, hasta cubrirlo perfectamente con una solución de cromo duro, que es preparada comercialmente en Estados Unidos de Norte américa por la compañía "Dyiamond Chemical", para esta aplica ción; debe mantenerse inmóvil el rodillo durante el tiempo de aplicación del voltaje, para que exista un depósito uniforme de cromo, el rodillo ya cromado se limpia perfectamente y que-

FIG. II- 8
APLICACION DE ADHESIVO

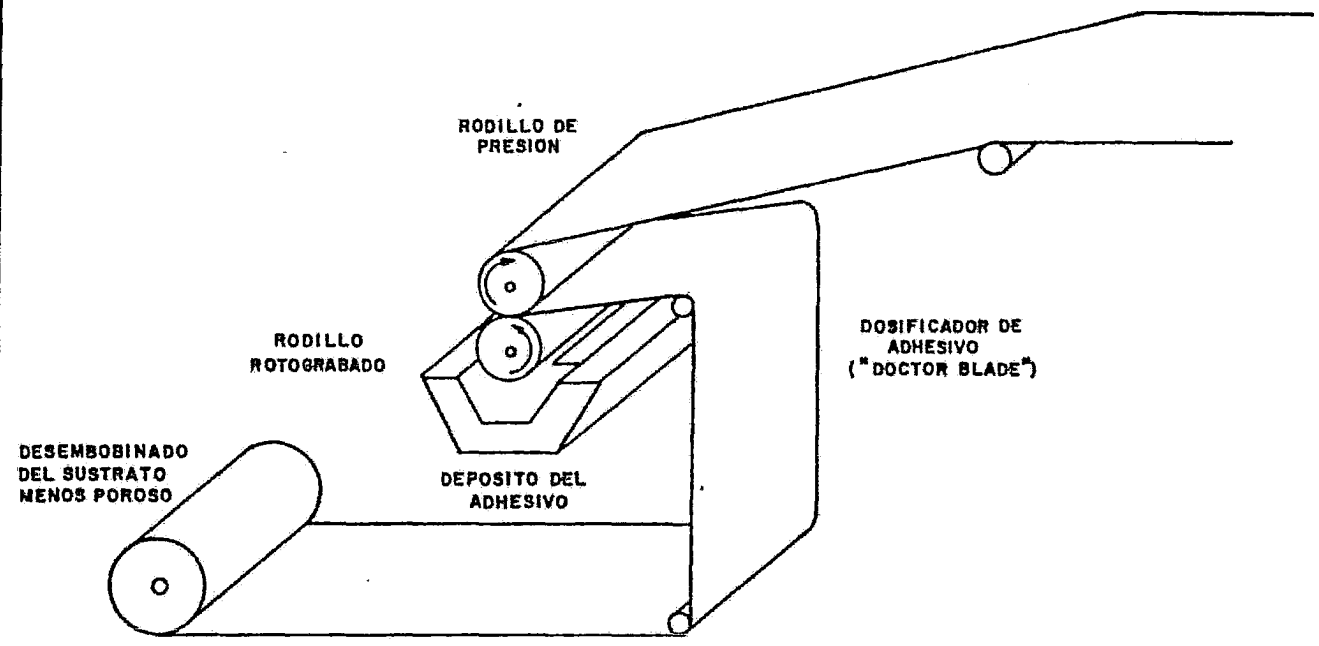
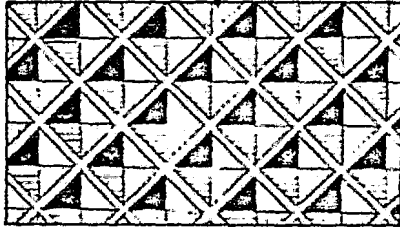
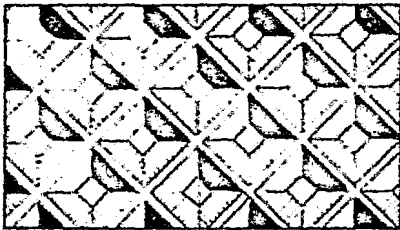


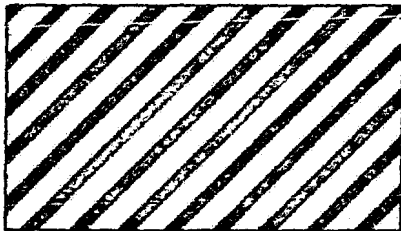
FIG. II-9
TIPOS DE CELDAS



II-9-A GRABADO PIRAMIDAL.



II-9-B GRABADO CUADRANGULAR



II-9-C GRABADO HELICOIDAL.

da listo para usarse.

Como anteriormente se mencionó existen tres tipos de celdas:

- ° Piramidal: se recomienda para la aplicación de recubrimientos y para impresión.
- ° Cuadrangular: con este tipo de celdas se obtienen depósitos de adhesivos mayores en celdas más pequeñas. Se usa para aplicar recubrimientos directamente
- ° Helicoidal: se utiliza para aplicar cualquier fluido viscoso, como son los adhesivos, gomas plásticas y otros fluidos más viscosos.

Las celdas de los rodillos grabados fotoquímicamente, sólo se encuentran en la forma cuadrangular y cuyo fondo se diferencía del cuadrangular mecánico como se muestra en la Fig. II.10. La forma del fondo de las celdas grabadas fotoquímicamente favorece el vaciado de las celdas, al entrar éstas en contacto con el sustrato, obteniéndose una mejor dosificación del adhesivo, disminuyendo los problemas de endurecimiento del adhesivo remanente en las celdas, que en caso de que exista provoca variaciones en el gramaje del adhesivo aplicado al sustrato.

Los resultados con cada tipo de rodillos depende de la combinación de variables tales como: el tipo de celda, concentración del adhesivo, tensión superficial del adhesivo, número de celdas por unidad de superficie, velocidad de aplicación, tipo de sustrato, entre otras; todas estas condiciones deben ser analizadas al seleccionar el rodillo, los fabricantes de estos rodillos proporcionan tablas, en las cuales se relaciona el número de celdas por unidad de superficie, con el porcentaje de sólidos del adhesivo y el gramaje depositado.



GRABADO FOTOQUIMICO



GRABADO MECANICO

FIG. II-10
DIFERENCIAS ENTRE LAS CELDAS GRABADAS
MECANICA Y FOTOQUIMICAMENTE.

C. Eliminación de los solventes presentes en los adhesivos.

Los solventes empleados durante la aplicación de los adhesivos y promotores de adhesión deben ser eliminados para que adquieran sus propiedades adhesivas, el proceso empleado para efectuar esta operación es el de secado con aire o con gases de combustión, haciendo pasar al (o los) sustrato (s) a través de un túnel, al mismo tiempo que se alimenta aire o gases calientes, estos últimos arrastran consigo al solvente evaporado y son extraídos del túnel.

Si el secado se realiza con aire, la energía para calentarlo puede ser proporcionada por serpentines de vapor de agua o bien por resistencias eléctricas, en cuyo caso resulta ser de costo elevado.

En el secado empleando gases de combustión, se alcanzan temperaturas más elevadas y su costo es menor, razón por la cual en la actualidad es el más empleado, estos secadores poseen por lo menos dos unidades independientes de quemadores.

En general el aire o gas entra al secador a través de un distribuidor con varias salidas que son toberas tipo "venturi", que por su diseño provocan un aumento en la velocidad del aire, sin necesidad de emplear compresores; que suministran el aire o los gases en dirección perpendicular al sustrato, con lo cual se consigue el rompimiento de las gotas de adhesivo, lográndose una distribución uniforme del mismo. Junto a cada entrada de aire o gas, existe una boquilla de succión que extrae la mezcla del solvente con el aire o gas alimentado, si no existe la adecuada extracción de solvente, el aire o gas se saturaría con éste y no se secaría adecuadamente el sustrato; por otra parte, una elevada concentración de solvente, aunada a las características eléctricas (estática) del sustrato, producen un alto riesgo de explosión.

La eficiencia del secado se ve afectada por la velocidad de entrada de aire o gases, la temperatura de los mismos y al relación de extracción - inyección de aire o gases y solvente.

En la industria actualmente existen dos tipos básicos de secadores empleados con este fin:

- ° En el que el sustrato es transportado por rodillos embaldados, que deben encontrarse a una distancia máxima de 50 cm entre sí, ya que una distancia superior hace que el sustrato "papalotee" al entrar en contacto con el aire o gas; las entradas de aire o gas se encuentran colocadas directamente sobre cada rodillo.
- ° El de colchón de aire, en el que el aire o gas entra también por la parte inferior del secador, sirviendo como sostén al sustrato. En este caso debe existir un equilibrio entre la extracción e inyección de aire o gas para mantenerlo más horizontal posible al sustrato.

Para las experiencias del presente trabajo en las cuales fue necesario emplear un secador, se utilizó el de colchón de aire.

D. Pruebas de los materiales flexibles y de los envases.

Los materiales que se emplean para formar parte de un envase deben ser sometidos a una serie de pruebas para determinar: su resistencia al esfuerzo físico, a los cambios de temperatura y a otros factores ambientales.

Una vez que el empaque ha sido formado, se requiere evaluar que tan eficiente es, así como si tiene la calidad suficiente para cumplir su función.

Las propiedades que típicamente requieren ser cuantificadas

se mencionan a continuación, así como los métodos empleados para hacerlo.

1. Transmisión de vapor de agua (WVTR).

Método de prueba: ASTM E 96, método E, y ASTM D 1251.

Esta propiedad se mide en una cámara de prueba a temperatura y humedad controladas, de modo que el vapor de agua de la cámara que pase a través del material que se está evaluando, se absorba en un material desecante, el cual se encuentra en platos especiales que se pesan en balanza analítica, antes y después de la prueba, la diferencia de peso será la cantidad de vapor que se ha transmitido. Usualmente la transmisión de vapor de agua se mide en gramos de agua transmitida a través de 1 m^2 de material de prueba, durante 24 horas, debiéndose especificar la temperatura y el diferencial de humedad.

Esta prueba es especialmente importante para aquellos materiales que deban evitar que los productos que en ellos se envasen, ganen o pierdan humedad.

2. Transmisión de gases (GTR).

Método de prueba: ASTM S 1434.

Esta prueba se hace en celdas especialmente diseñadas con este fin. El material que se prueba se sujeta a las paredes de la cámara dividiéndola en dos secciones; el gas, que puede ser oxígeno, nitrógeno o dióxido de carbono, se hace circular en ambas partes de la cámara, posteriormente se evacúa uno de los lados y se deja que el gas que se encuentra en el otro lado, pase a través del material durante cierto tiempo. Usando la geometría de la celda y midiendo la temperatura y la presión del gas, se calcula la relación de la transmisión del gas. Comúnmente se reportan los cm^3 de gas que pasan a través de 1 m^2 de material, en

24 horas, cuando el diferencial de presiones entre ambos lados de la cámara es de 1 atmósfera, especificando la temperatura a la cual se efectuó la prueba.

Esta prueba resulta muy importante cuando los materiales se van a emplear para el empaçado al vacío o cuando se va a adicionar gas al producto a envasar, para los materiales que se emplean para empacar productos frescos que necesitan que el envase deje pasar oxígeno o cuando el paso de algún gas ocasione alteraciones en las cualidades del producto.

3. Resistencia a la penetración de grasas.

Método de prueba: ASTM F 119.

Esta prueba se desarrolla en platos soportes, en los cuales se colocan las muestras de material a evaluar y sobre éstas se sujetan, con la ayuda de unas pesas de 50 gramos, pedazos de algodón. Una vez hecho esto, los platos se meten al horno durante 30 minutos, después se adiciona sobre el algodón, con ayuda de un gotero, 6 gotas de grasa o de aceite y se dejan en el horno; la muestra se inspecciona periódicamente para determinar los tiempos promedio, mínimo y máximo, en que se moja el plato con el aceite adicionado. La prueba se realiza con los materiales lisos y arrugados, la inspección debe hacerse tanto en las zonas sobre las cuales se encuentra el algodón, como en los alrededores.

Esta evaluación se efectúa para el desarrollo y selección de materiales flexibles que vayan a contener productos grasos o bien, productos que se vean afectados por la presencia de grasas.

4. Transparencia.

Método de prueba: ASTM D 1003.

Se someten a este tipo de prueba los materiales transparentes, para medir la luz dispersada y transmitida por ellos. Se emplea un aparato que tiene una lámpara o fuente de luz incandescente y fotoceldas en un arreglo geométrico especial. La muestra se coloca entre la fuente y las fotoceldas y se mide la luz que pasa a través de ella así como la que se dispersa, calculándose el porcentaje de luz transmitida por la fuente que es desperdiciado por la muestra. Ver Fig. II.11.

Esta prueba resulta importante cuando se desea tener visibilidad y color real del producto, o cuando se vean alteradas las propiedades de éste a causa de la luz.

5. Rasgado.

Método de prueba: ASTM D 689 y ASTM D 1922.

La prueba de rasgado se hace en un aparato conocido con el nombre de Elmendorf, que consiste de dos sujetadores, uno fijo y otro móvil que mantiene un péndulo levantado y luego lo deja caer rápidamente sobre el material, con lo cual la muestra se rasga y entonces se toma la lectura registrada, esta lectura es el arco en el que está oscilando el péndulo y es proporcional a la fuerza contra el rasgado del material. El resultado obtenido, con ayuda de tablas, se reporta en gramos por milésima de pulgada de espesor. Ver Fig. II.12.

Es importante realizar esta prueba a todos los materiales empleados para envase, ya que se requieren altas resistencias al rasgado durante la operación de las máquinas.

6. Resistencia a la explosión.

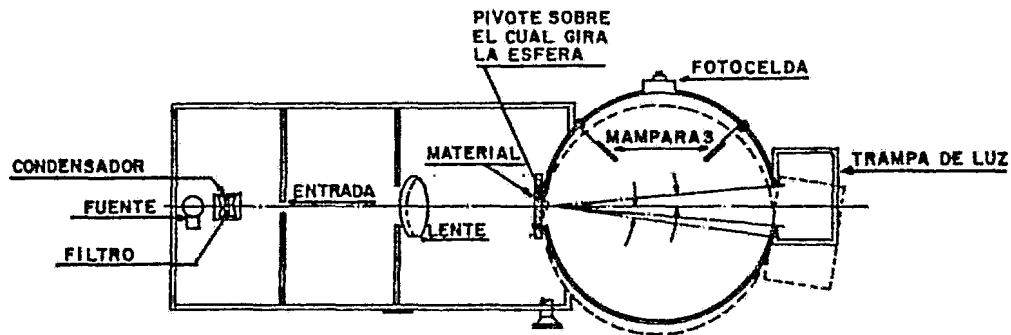
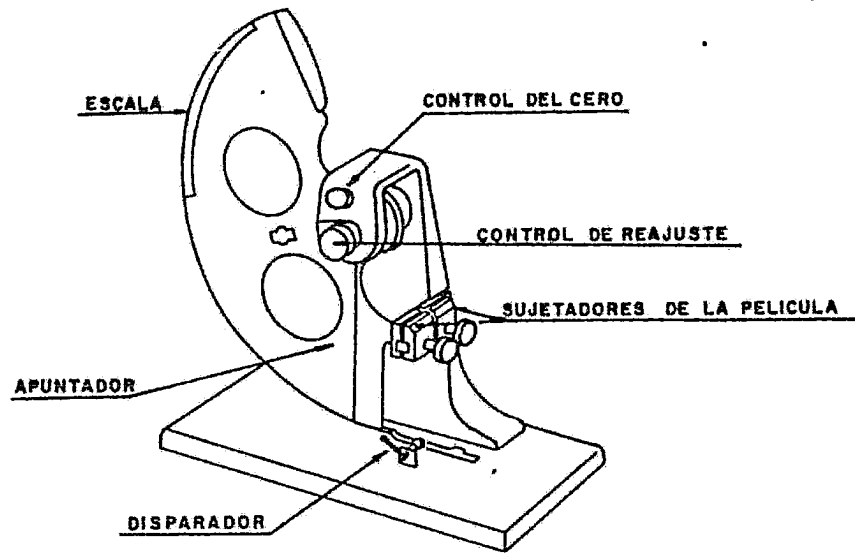


FIG. II-11
MEDIDOR DE TRANSPARENCIA

FIG. II-12
ELMENDORF



Método de prueba: ASTM D 774, ASTM D 2529 y ASTM D 2738. El aparato empleado para realizar la prueba de resistencia a la explosión se conoce como "Mullen", este aparato se compone de una abrazadera que mantiene el material de prueba sobre un diafragma plástico y una bomba que fuerza a un líquido (usualmente glicerina) a pasar dentro de una cámara a presión, situada bajo el diafragma, hasta que el material de prueba explota; la presión en ese momento se mide en un manómetro de Bourdon; la presión hidrostática indicada en el manómetro da la resistencia a la explosión del material. Ver Fig. II.13.

Esta prueba resulta de importancia para la selección de materiales para bolsas, así como para determinar el esfuerzo máximo al cual pueden someterse las cajas estibadas, tanto durante el almacenamiento, como al momento de transportarse.

7. Resistencia de los sellos.

Esta prueba se efectúa en un aparato como el que se esquematiza en la Fig. II.14, en el cual pueden efectuarse simultáneamente 3 evaluaciones. El sello a probar se coloca, en su extremo abierto, alrededor del orificio de salida de aire y se sujeta cerrando las barras de hule; se hace pasar aire a través del orificio hacia el interior de la bolsa, manteniendo un nivel de presión constante especificado para el sello, se observa el tiempo que tarda el sello en reventarse y se retira la bolsa; si al cabo de 30 segundos de haber empezado a aplicar presión, el sello no se ha reventado, se revisa éste, si presenta algún deterioro se vuelve a someter a la prueba durante un máximo de 60 segundos. La resistencia del sello se evalúa de acuerdo a un valor predeterminado que éste debe tener de presión por unidad de tiempo y que depende fundamentalmente del uso que se le tenga fijado a la bolsa.

FIG. II-13
RESISTENCIA A LA EXPLOSION
MULLEN

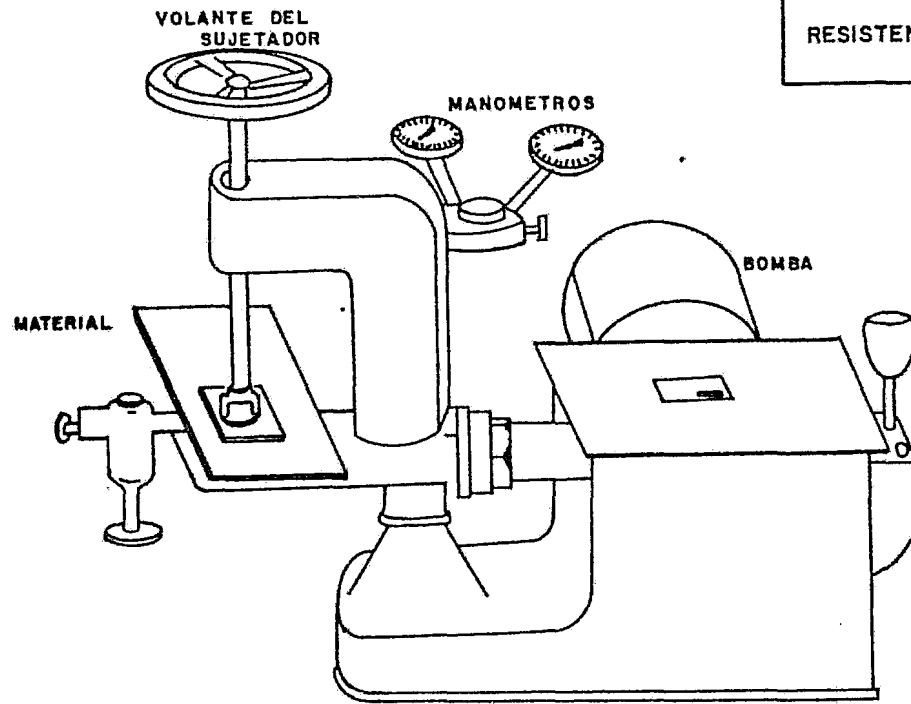
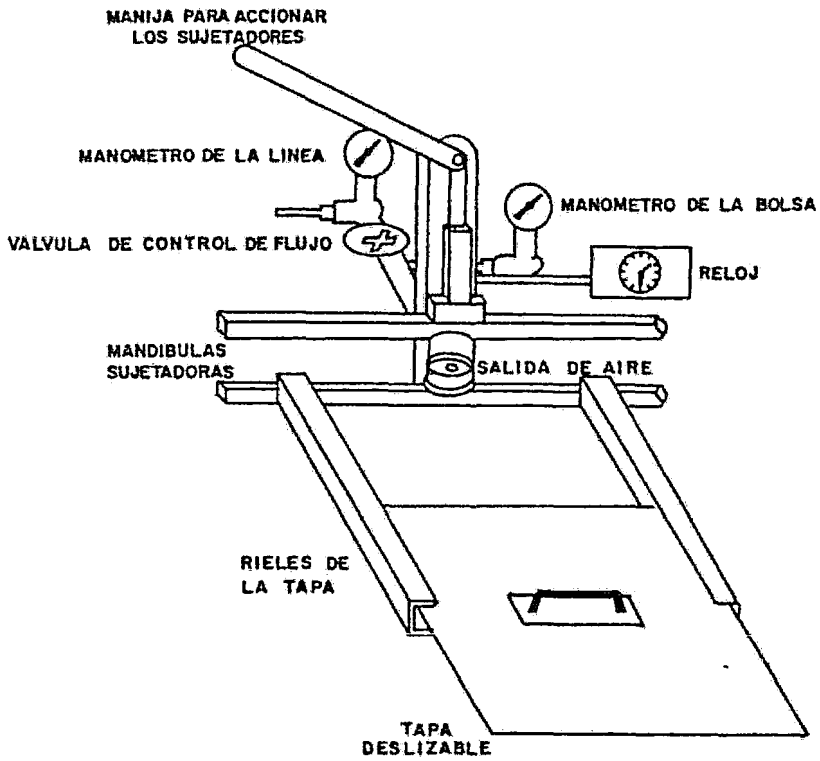


FIG. II-14
RESISTENCIA DE LOS SELLOS



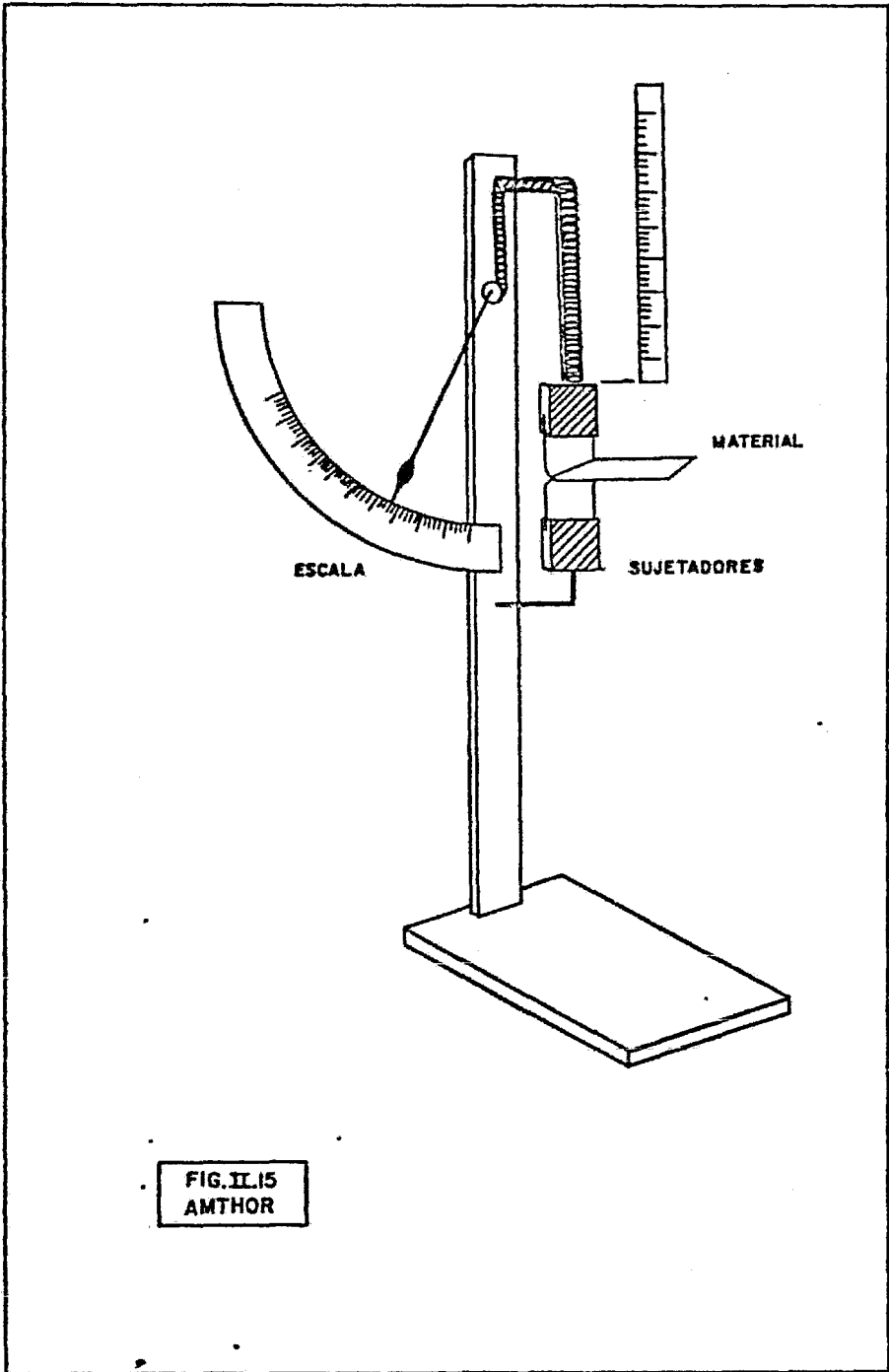
Esta prueba es de gran importancia cuando se requieren altas propiedades de barrera y debe comprobarse que esta propiedad de barrera no se vea seriamente afectada por un sello deficiente. Esta evaluación es determinante para la selección del material interno de las bolsas que vayan a ser termoselladas

8. Resistencia a la desunión de láminas y sellos.

El propósito de esta prueba es determinar la fuerza de unión entre dos películas combinadas entre sí por cualquiera de los métodos de laminación antes expuestos, o bien la fuerza de unión de los sellos. El aparato que se utiliza para realizar esta prueba se conoce con el nombre de "Amthor". Ver Fig. II.15.

Para efectuarla se cortan cuatro o más muestras de la lámina que se desea probar de 2.54 cm de ancho, cuidando que la dimensión longitudinal sea paralela a la dirección de la lámina, siendo necesario obtener varios cortes a través de todo lo ancho de la lámina; uno de los extremos de la muestra se desune ligeramente, empleando el solvente más adecuado al tipo de adhesivo que se haya empleado. Cada una de las láminas que se ha empezado a desunir se coloca en los sujetadores de la máquina procurando que el material menos deformable mecánicamente se coloque en el sujetador inferior, el cual permanece inmóvil.

La distancia entre los dos sujetadores al iniciar la prueba es de aproximadamente 2.54 cm. Ambos extremos de la parte desunida se colocan en el sujetador correspondiente. Hecho esto se inicia el trabajo de la máquina, manteniendo el extremo no desunido de la muestra en un ángulo recto con respecto a la dirección en que se ejerce tensión, obteniéndose así una lectura constante de fuerza necesaria pa-



ra desunir en g / 2.54 cm.

Para medir la fuerza de unión de los sellos, se sigue el mismo procedimiento antes señalando. El sello a probar es realizado en una máquina selladora en la cual podemos variar: el tiempo de sellado, temperatura y presión ejercidas sobre las películas a unir y deben realizarse varias pruebas hasta determinar las condiciones óptimas de sellado.

9. Prueba de Esterilidad.

De acuerdo al tiempo que deba durar un alimento dentro de un envase sin descomponerse, se deberá cumplir con ciertas normas de esterilidad; es por ello que se les somete a una prueba bacteriológica, detectándose así la presencia de microorganismos, que pudieran producir la descomposición del alimento durante su almacenamiento o que pudieran dañar la salud. Es con el fin de eliminar estos microorganismos, que el alimento dentro del envase se somete a procesos de esterilización.

Para comprobar la eficiencia de dicho proceso, en un determinado envase se sigue el procedimiento que a continuación se expone: se inocula en un caldo estéril, una parte alícuota de una cepa de un microorganismo, conociendo la concentración del mismo; el caldo nutritivo con el microorganismo, se envasa y se esteriliza, posteriormente se incuba el contenido en una caja de Petri, a una temperatura que sea propicia para la reproducción del microorganismo; al cabo de cierto tiempo se analiza el producto. Si se trata de un cultivo líquido, se analiza en un espectrofotómetro el comportamiento de la luz que pasa a través de la muestra, consultando una curva de calibración se puede encontrar la concentración de microorganismos totales presentes, correspondiente a la lectura obtenida; si la muestra

es sólida o líquida se analiza con ayuda de un cuenta colonias, detectándose el número de colonias presentes, cada una de ellas debió ser generada por un microorganismo vivo presente después de la esterilización.

Para realizar esta prueba se usan generalmente, cepas de *Clostridium sporogenes*, ya que tiene un comportamiento similar al del *Clostridium botulinum*, e incluso tiene una resistencia a la temperatura mayor que este último, pero a diferencia de él, no es tóxico; con lo que, si mediante un tratamiento térmico se elimina uno, el otro quedará también desactivado. Se hace hicapié en la eliminación del *Clostridium botulinum*, por generar éste un producto vital tóxico, letal al hombre aún en concentraciones muy pequeñas; y que además, tiene una alta resistencia a los tratamientos de esterilización.

Existen diversos factores que influyen en la destrucción térmica de los microorganismos, entre las que se pueden señalar: contenido de agua, de lípidos, de carbohidratos y de sales, presencia de inhibidores químicos, pH del producto y edad de los microorganismos.

Otros de los microorganismos que deberán ser erradicados de los alimentos son: *Bacillus stearothermophilus*, *clostridium thermosaccarolyticum*, *Bacillus coagulans*, entre otros.

En base a este tipo de pruebas, se determina el tiempo y la temperatura óptimos de esterilización, de tal modo que, se obtenga un alimento libre de microorganismos y que al mismo tiempo se conserven las propiedades organolépticas del mismo.

Cabe señalar que cuando se utilice el envase, para la conservación de un alimento específico, deberá hacerse la prueba de esterilidad de nuevo, pero en lugar de inocular

un caldo nutritivo, se utilizará el alimento de que se trate; puesto que el tiempo y temperatura óptimos que se obtienen con el caldo nutritivo, sería el caso más drástico y pudieran ser excesivos para ciertos alimentos.

Cuando el material tenga que estar en contacto con el alimento envasado, debe observarse y analizarse la interacción entre ambos.

E. Materiales empleados para la fabricación de envases flexibles esterilizables en autoclave.

Para la fabricación de los envases flexibles esterilizables en autoclave, pueden ser utilizados, principalmente, algunos de los materiales que a continuación mencionamos. Se incluye su respuesta a las pruebas anteriormente presentadas, así como algunas de sus características.

1. Hojas de Aluminio.

Las hojas de aluminio que se producen contienen, además de aluminio, cantidades controladas de silicio, fierro, cobre, manganeso y magnesio, para proporcionar propiedades tales como: fuerza y ductilidad.

Entre las propiedades que lo hacen útil para emplearse en la fabricación de envases flexibles tenemos:

- * Resistencia a la corrosión.
- * Es prácticamente inodoro, insípido y no tóxico, por lo que puede estar en contacto con los alimentos sin alterar su sabor.
- * No permite el crecimiento de bacterias y mohos.

- * Presentan propiedades de barrera contra la humedad, la luz ultravioleta, los gases y líquidos, bastante altas en hojas con espesores mayores de 0.00378 cm, ya que en espesores menores, las hojas presentan imperfecciones ("pin holes").
- * Es fácilmente moldeable.
- * Es un excelente reflector y no muy buen emisor de radiaciones de calor, por lo que es adecuado para usarse como material de empaque de productos que requieran calentarse o congelarse; dando a su vez características de aislante.
- * Su superficie es atractiva y estética, por lo que estimula las ventas.

Este material es producido en México por las compañías: "Alcan" y "Reynold's", en una amplia variedad de anchos y espesores.

2. Película de poliamida.

Las películas de poliamida se forman por la reacción entre aminas orgánicas y ácidos carboxílicos, que da lugar a aminas de cadena larga; dependiendo de la unidad monomérica que le da origen, se le asigna un número representativo; los más usados en la industria de los empaques flexibles son: las películas de Nylon 6 (obtenido a partir de caprolactama) y el Nylon 66 (que es el producto de la polimerización entre ácido adípico y hexametildiamina). Entre sus propiedades que lo hacen útil en empaques flexibles están:

- * Excelente barrera al oxígeno, a los olores y sabores y a los líquidos.

- * Resistencia en un alto rango de temperaturas.
- * Alto punto de fusión, comparado con otros plásticos.
- * Resistencia a la abrasión.
- * Puede estar en contacto con los alimentos.
- * Puede ser fácilmente termoformado, manteniendo aún después de ese proceso, sus propiedades.

Su principal deficiencia para su uso en este campo, es que es permeable al vapor de agua, por lo que en la mayor parte de sus aplicaciones es utilizado acompañado de otro material.

Estas películas son higroscópicas, esto es, absorben la humedad del medio que les rodea; esta humedad actúa como un plastificante, produciendo una película más suave y flexible, más extensible y resistente al impacto, pero al mismo tiempo que esto se produce, se incrementa sustancialmente su permeabilidad al oxígeno.

En México puede obtenerse esta película de "Allied Chemical" con el nombre de "Capran", que es una película de Nylon 6; y de "Unitika", que tiene la película de Nylon biaxialmente orientado y a la cual denomina "Emblem".

3. Poliéster.

El poliéster es el producto de la condensación del Etilen glicol y el ácido tereftálico, se caracteriza por:

- * Posee resistencia mecánica en un amplio rango de temperaturas.

- * Resistencia al ataque de solventes orgánicos, aceite y muchos agentes químicos, a excepción de los reactivos fuertemente alcalinos.
- * Tiene excelente barrera a los aceites esenciales, a los olores y a los sabores.
- * Puede estar en contacto con los alimentos, a temperaturas aún más altas que las de los hornos.
- * La temperatura útil de este material se encuentra entre - 80 y 400 °F.
- * No es termosellable.
- * Acepta adecuadamente las tintas de impresión y los adhesivos.

Es importado a México por "Dupont" con el nombre de "Mylar" y por "Imperial Chemical Industries, Ltd" con el nombre de "Melinex".

4. Polietileno de alta densidad.

Este polímero se forma en un proceso a baja presión a partir de etileno; dentro del campo de los empaques, se destaca por las siguientes propiedades,

- * Es bastante rígido, parecido al papel.
- * Tiene buenas propiedades de barrera a la humedad.
- * Posee una sobresaliente impermeabilidad a los gases.
- * No es tóxico, por lo que puede estar en contacto directo

to con los alimentos.

5. Polipropileno orientado.

Este plástico se produce usando como materia prima propileno en fase gaseosa; el término orientado se refiere a la alineación o arreglo de las móleculas adyacentes que lo forman.

Debido a la orientación se ven mejoradas propiedades tales como: su barrera a la humedad, su resistencia a bajas temperaturas, su apariencia, su estabilidad dimensional, su resistencia a la flexión y a la no penetración de grasas.

Este material por sí mismo no es termosellable, pero esta condición se puede ver mejorada si el material se recubre.

Los principales tipos de películas de polipropileno orientado, se encuentran dentro de las siguientes categorías:

- * Estable al calor, no termosellable.
- * Estable al calor, termosellable.
 - Tipo polímero modificado.
 - Recubierto de uno o de ambos lados.
 - Coextruido.

A continuación se presenta la Tabla II.2, en la cual se enlistan las propiedades físicas y químicas del Nylon, del Poliéster, del Polietileno de alta densidad modificado y del polipropileno orientado, así como sus características durante el

proceso de conversión, como son su facilidad de manejarse en las máquinas ("machinability"), las posibilidades de lograr una buena impresión y su estiramiento al aplicar calor.

Notas:

- 1) M. D. Es en dirección de la máquina.
- 2) T. D. Es en dirección transversal a la máquina.
- 3) R. H. Es la humedad relativa.

TABLA II. 2

PROPIEDADES GENERALES		Material	NYLON	POLIESTER	POLIETILENO A.D.	POLIPROPILENO ORIENTADO
Claridad			Transparente a translúcido.	Transparente.	Transparente a translúcido.	Transparente.
Rendimiento (in ² /lb/0.001in)			23500-24500	20000-22000	29000	30600
Densidad Relativa			1.13-1.14	1.35-1.39	0.941-0.965	0.905
PROPIEDADES MECANICAS						
Resistencia a la tensión (lb/in ²)	M.D. ¹		7000	25000	3000	25000
	T.D. ²		18000	33000	7500	30000
Elongación (%)			250-500	120-140	10-500	60-100
Resistencia al impacto (kg-cm)			4-6	25-30	1-3	5-15
Resistencia al rasgado (g/0.001in)			20-50	13-80	15-300	4-6
Rango de Termosellado (°F)			350-500	-	275-310	Requiere de recubrimiento
PROPIEDADES QUIMICAS						
WVTR (g/24h/100in ² ; a 100°F y 90% R.H. ³)			24-26	1.3	0.3-0.65	0.3-0.4
GTR (cm ³ /0.001in ² en 24 h a 1 atm y 73°F)	O ₂		2.6	5	33-250	110
	CO ₂		4.7	-	250-675	240-285
	N ₂		0.9	-	-	-
Resistencia a grasas y aceites			Impermeable	Buena	Buena	Buena
OTRAS PROPIEDADES						
Temperatura máxima de uso (°F)			350-450	400	250	250
Temperatura mínima de uso (°F)			-75	-80	-60	-60
Cambio en dimensión a alto R.H. (%)			1.3	Ninguno.	Ninguno.	Ninguno.
CARACTERISTICAS DURANTE EL PROCESO DE CONVERSION						
Comportamiento en máquinas			Buena	Buena	Buena	Buena
Imprimibilidad			Buena	Buena	Buena	Buena
Estiramiento por calor			No	No siempre	Si	No siempre

III. ANTECEDENTES DEL USO DE ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN AUTOCLAVE, EN OTROS PAISES.

La bolsa esterilizable tuvo su origen en la idea de combinar las ventajas de la lata, como son su alta vida de anaquel, con las de la bolsa hervible, esta última permite calentar su contenido antes de abrirla, por inmersión en agua hirviendo, pero a diferencia de la esterilizable, se requiere refrigeración para su conservación, aunque en un principio se dudó que un envase flexible como son los "efepas", pudiera ser tan resistente a los abusos en el manejo, como ocurre con las latas.

La primera referencia bibliográfica que se tiene de la bolsa flexible esterilizable o lata flexible ("flexible can"), como también se le conoce, es de Norteamérica y data de 1940, así lo citan Gould y Geisman en el artículo titulado: "Heat sterilization of vegetables in flexible films", publicado en Ohio en 1962.

Si bien es cierto que en los Estados Unidos de Norteamérica según los describe K. H. Hu, en el año de 1960 se iniciaron los experimentos para envasar en bolsas flexibles esterilizables, las raciones de tipo C, de tamaño personal, que contienen aproximadamente 250 gramos de alimentos y que son empleadas para el ejército, el cual hasta antes de esta fecha usaba las latas de acero recubiertas con estaño; el desarrollo más amplio de estos envases ocurrió en Japón. Este mismo autor describe en la revista "Food Technology" de 1965, los experimentos hechos desde 1960 en Estados Unidos de Norteamérica por el "Army Natick Research and Development Command".

Fue la compañía japonesa "Otsuka Pharmaceutical Company" la primera que puso en el mercado un producto alimenticio envasado en una bolsa flexible esterilizada en autoclave de vapor, iniciándose así el fantástico desarrollo de este tipo de envase, por ello resulta interesante ver la evolución que éstos han tenido en dicho

país desde 1960.

Como en Japón en la década de los años cincuenta tanto en las tiendas como en los hogares, la refrigeración no estaba muy generalizada, la bolsa esterilizable tuvo una gran aceptación tanto así que, para 1979 se vendieron 400 millones de éstas, lo que da una idea de la rapidez de crecimiento del mercado.

La primera laminación que se utilizó para la fabricación de envases esterilizables en Japón, consistía en una hoja de aluminio de 9 micras de espesor por una de cuyas superficies se hallaba unida, mediante el empleo de un adhesivo de poliuretano, una película de poliéster de 12.5 micras de espesor y por la otra superficie del aluminio se hallaba unida con el mismo adhesivo una película de polietileno de alta densidad. La función de la película de poliéster era dar resistencia a la estructura, el aluminio le proporcionaba la barrera a los gases, a la humedad y a la luz, el polietileno funcionaba como termosellante y barrera contra las grasas. El principal problema que presentaba esta estructura era la transferencia de olores indeseables al alimento envasado por parte del polietileno, lo que obligó a remplazar el polietileno normal por un copolímero también de alta densidad, pero con un nivel muy bajo de olor transferible.

Desde 1975 el polietileno de alta densidad se ha remplazado por la película de polipropileno calandreado de alta resistencia al impacto, la cual tiene además la ventaja de ser más transparente, también se han ensayado distintas películas de poliamida usando Nylon 12.

Han habido dos variantes de este empaque, la bolsa opaca que siempre lleva como lámina intermedia una hoja de aluminio y la bolsa transparente que se usa para aquellos alimentos que requieren menos protección o que su vida comercial de anaquel es más breve y en la cual la hoja intermedia de aluminio, se ha eliminado.

Para muchas aplicaciones en que se justifica el empleo de una bolsa transparente pero con mejores características de barrera, el aluminio se ha sustituido por una película de PVC o una poliamida con PVDC.

Actualmente el fabricante más grande de bolsas flexibles esterilizables en Japón es la compañía "Toppan Printing LTD" que emplea tecnología norteamericana. En la tabla III.1 se resumen las principales ventajas y desventajas de las películas que se emplean para fabricar las laminaciones, que desde 1960 a la fecha se han usado en Japón para la aplicación que comentamos.

En los Estados Unidos de Norteamérica los experimentos con "efepas" se iniciaron en 1960 siendo las empresas pioneras en orden de importancia, "Reynold Metals Co", "Continental Can Co.", "Milprint Inc.", "Dow Packaging" y "American Can". Pero no fué sino hasta 1967 que la primera instalación industrial arrancó con una sola máquina selladora Rexham, produciendo 25 bolsas por minuto.

La NASA introdujo este tipo de envases en la misión del Apolo 8 en 1968 y desde entonces todas las misiones espaciales realizadas por ella han utilizado estos envases incluyendo las misiones Columbia. Simultáneamente al Apolo 8, la tecnología de estos envases fué transferida a Europa para iniciar su comercialización.

Hasta 1975 la situación de las laminaciones para "efepas" eran en Estados Unidos de Norteamérica como sigue:

"Reynolds Metals Co.", fabricaba una estructura consistente en una película de poliéster de 13 micras, unida con un adhesivo de poliuretano a una hoja de aluminio, como termosellante, una película de polipropileno calandreado de 75 micras, unida también con un adhesivo de poliuretano.

"Continental Can Co.", puso a prueba una laminación similar a la de

TABLA III.1

CAPA	MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EXTERIOR	Película de poliéster	Resistencia al calor	Microperforaciones
	Película de nylon bi-orientado	Resistencia mecánica	Encoge a elevadas temperaturas
	Película de nylon ca-landreado	Resistencia mecánica y térmica	Difícil de imprimir
	Película de polipropileno <u>estirada</u>	Resistencia mecánica	Tendencia a enroscarse y a encogerse con el calor.
INTERMEDIA	Película de poliéster	Resistencia mecánica	Baja transparencia y alto costo
	Película de nylon bi-orientado	Resistencia mecánica	Muy caro
	Película de nylon ca-landreado	Resistencia mecánica	Muy caro
	Hoja de aluminio	Buena barrera	Microperforaciones y opaco
INTERIOR	Película de polietileno de alta densidad especial	Resistencia al impacto	Poco estable al calor y poco transparente.
	Película de polipropileno	Resistencia térmica y transparencia	Poco resistente al impacto
	Película de nylon 11 y 12	Resisten temperaturas entre 140 y 150 °C	Difícil de sellar con calor y alto costo.

"Reynolds" pero reemplazando a la película de polipropileno con una del mismo espesor de poliisobutileno.

"Milprint Inc.", inició sus experimentos con una estructura opaca y una transparente. La opaca consistía de una película de poliéster de 13 micras, adhesivo de poliuretano, una hoja de aluminio de 9 micras y un recubrimiento de polipropileno sobre el aluminio, hecho por extrusión mediante un procedimiento patentado conocido como Nealam. En la estructura transparente "Milprint" eliminó el aluminio.

"Dupont" propuso en 1975 el empleo de una película de ionómero llamado Surlyn, el cual es un polietileno modificado con iones metálicos, en sustitución de las películas de polipropileno o polietileno, basándose en las magníficas propiedades termosellantes del Surlyn así como su resistencia a las grasas.

En el año de 1975 la Food and Drug Administration (FDA) detuvo la comercialización de todas las laminaciones fabricadas con adhesivos de poliuretano, que eran en la mayoría, por haber encontrado que los isocianatos libres en el adhesivo emigraban durante la esterilización en el autoclave, creando el peligro potencial de contaminación de los alimentos.

Desde esa fecha los esfuerzos se encaminaron hacia el desarrollo de otros tipos de adhesivos y no fué sino hasta el año de 1977 que la FDA autorizó las laminaciones de Reynolds Metals Co. y Continental Can en las que el poliuretano había sido sustituido por un adhesivo de polipropileno llamado Morprime.

Para el año de 1980, superando el problema de transferencia de isocianatos, tres compañías tomaron el liderazgo en el fabricación y desarrollo de efepas ellas son Reynolds Metals, American Can Co. y Ludlow Corporation, para ese año la producción de efepas alcanzó la cifra de 40 millones de bolsas.

A continuación en la tabla III.2 se resumen las estructuras más comunes para la fabricación de envases flexibles esterilizables tanto en U.S.A. como en diversos países europeos y Japón.

Desde el inicio del desarrollo de los efepas, la más fuerte objeción fué la baja velocidad de producción de las máquinas llenadoras-selladoras, ya que como se mencionó anteriormente, en U.S.A. la producción industrial se inició con una máquina que hacía sólo 25 bolsas por minuto, en tanto que las que fabrican latas y las llenan pueden en una sola línea producir 6 000 latas por minuto.

Entre los años de 1969 y 1973, las máquinas Rexham tenían una velocidad de llenado y sellado de hasta 35 bolsas por minuto.

Actualmente, el equipo instalado en U.S.A., puede producir 70 millones de bolsas por año, trabajando sólo un turno, con velocidades que varían desde 30 hasta 65 bolsas por minuto.

Rexham Bartelt es uno de los fabricantes de maquinaria de empaque que más ha contribuido a hacer del negocio de los empaques flexibles esterilizables, una operación industrial eficiente. Junto con Rexham, los principales fabricantes de equipo para este uso son Bosch, ACME, Mitsubishi, Toyo Yokohama, Toyo Jadoki y Land Frost.

TABLA III.2

COMPANIA	PAIS	TIPO DE ENVASE
Reynolds Metal Company	E.U.A.	Flex Can II. Laminación esterilizable con aluminio 0.00035". Poliéster 48 μ / adhesivo / aluminio 9 μ / adhesivo / polipropileno 77 μ . Flex Can II. Laminación esterilizable con aluminio 0.0007". Poliéster 48 μ / adhesivo / aluminio 18 μ / adhesivo / polipropileno 77 μ .
D.R.G. Flexible Packaging	Inglaterra	Sterilite NEP. Nylon orientado / copolimero de etileno-propileno. Sterilite MFEP. Poliéster / aluminio / copolimero etileno-propileno. Sterilite PFEP. Polipropileno biorientado / aluminio / copolimero etileno-propileno.
Toyo Seikan	Japón	R.P.F. Poliéster 12 μ / aluminio 19 μ / poliolefina 76 μ . R.P.F. Poliéster 12 μ / poliolefina 50 μ . R.P.N. Nylon 15 μ / poliolefina 50 μ . hiRP-F. Poliéster / aluminio / capa especial / poliolefina. hiRP-T. Nylon / capa especial / poliolefina. hiRP-T. Poliéster / capa especial / poliolefina
American Can Company	E.U.A.	Redi-save-pack. Poliéster / adhesivo / aluminio / polipropileno.
Continental Group	E.U.A.	Fanty-pack. Poliéster / aluminio / polipropileno / polietileno de alta densidad; o bien polipropileno / aluminio / copolimero propileno-etileno.
Milprint	E.U.A.	Poliéster / aluminio / polipropileno
Metal Box	Inglaterra	Metapack. Poliéster / aluminio / polipropileno.
Star-Co	Italia	Poliéster / aluminio / poliéster / polipropileno, 4 capas.
	Alemania	Poliéster / nylon.

IV. DISEÑO DE UN ENVASE FLEXIBLE ESTERILIZABLE EN AUTOCLAVE.

El diseño de un envase en general, es una operación compleja que comprende actividades clasificadas en los terrenos de la física, la química, la ingeniería, el dibujo, la fotografía, el arte y el comercio.

Como consecuencia de los atributos principales de un envase que son: protección a lo envasado y presentación atractiva, ambas cosas dentro de un costo razonable, se comprende la complejidad del asunto.

En el caso particular de los envases flexibles esterilizables, la protección que la película o más comúnmente, que la combinación de películas, debe proporcionar a lo envasado, deberá ser comparable a la que brinda la lata o bote de acero, que después de esterilizada su hermetismo garantiza la ausencia de proliferación bacteriana lo cual implica una barrera alta a la penetración del aire, de la humedad, de los microorganismos y para muchas aplicaciones, de la luz.

Igualmente, la combinación de películas que forman el envase flexible, deberá producir los sellos tan herméticos como el de los botes y resistir como estos últimos las temperaturas de esterilización por autoclave, así como el manejo normal durante el proceso de llenado, de almacenaje, de distribución y venta.

Adicionalmente, el envase flexible en la mayoría de los casos lleva un diseño impreso, lo que implica que la película externa deberá ser apta para manejarse en las máquinas de impresión por rotogravado o por flexografía y además ser apta para recibir las tintas de impresión.

Las películas que se seleccionen para constituir el envase flexible deberán a su vez ser adecuadas para unirse por cualquiera de los métodos de laminación que se describieron en el capítulo co-

rrespondiente, esto implica que deberán resistir la acción de los solventes de los adhesivos, ser receptivas a éstos y tener las propiedades mecánicas y de estabilidad térmica que les permita resistir a la tensión de la máquina laminadora y a la temperatura de secado.

Una vez fabricada la laminación, la combinación de películas resultantes deberá poseer propiedades mecánicas adecuadas para que pueda ser alimentada con éxito a las máquinas formadoras de bolsa, llenadoras y selladoras. La serie de características que una laminación requiere para que trabaje en las máquinas de bolsas se designa en inglés con la palabra "machinability" que no tiene equivalente en español. Estas características deben determinarse experimentalmente.

Finalmente, la laminación ya transformada en una bolsa, llena, sellada y esterilizada en autoclave, deberá resistir por tiempo indefinido (generalmente se acepta que dos años son suficientes), la acción química de los componentes del producto que se ha envasado, sin que se deteriore ninguna de las películas ni la unión entre ellas, ni la impresión, ni mucho menos el producto envasado, cuya preservación es la razón principal del diseño.

Ahora bien, en el diseño objeto del presente trabajo, se presentan algunas dificultades adicionales derivadas del hecho de que en México no es posible disponer de la variedad de resinas, películas, tintas, barnices, lacas, etc. como las que se encuentran en Estados Unidos o en Japón

Por otra parte es muy importante aclarar que en ningún lugar del mundo se ha construido una planta específicamente para hacer laminaciones para envases flexibles esterilizables por autoclave, sino que todas son producidas por los convertidores instalados con anterioridad para otros tipos de envases flexibles. El equipo requerido para producir laminaciones del tipo de las que son objeto

de este estudio, es el convencional. En la misma forma se procederá llegado el momento, en México y en el caso del presente trabajo se utilizó el equipo instalado, sin modificación alguna.

Lo anterior crea las siguientes dependencias:

- * Nuestro diseño se tuvo que hacer con las películas y los materiales que más fácilmente se consiguen aquí.
- * El diseño se hizo de acuerdo a los equipos instalados disponibles en México.

Las anteriores dependencias no fueron del todo una limitación, por el contrario simplifica el estudio económico ya que los costos de las distintas laminaciones ensayadas fueron proporcionados por los convertidores que en realidad fabricarán, llegado el momento, la laminación comercial, sin necesidad de modificaciones de importancia en sus instalaciones.

Existe suficiente información, publicada en las revistas especializadas, referente a los requisitos que debe satisfacer la laminación empleada para envases flexibles esterilizables por autoclave, así como las bolsas fabricadas con estas laminaciones. A continuación se mencionan las fundamentales, las cuales constituyen la base de nuestro diseño:

- ° La laminación deberá tener una resistencia a la temperatura de 130°C durante un período que va de 60 a 90 minutos.
- ° La laminación deberá tener un O_2TR (permeabilidad al oxígeno) de 2 centímetros cúbicos de gas por cada metro cuadrado en 24 horas y a una atmósfera de presión.
- ° La laminación deberá tener un WVTR de 0.5 gramos por cada metro cuadrado en una hora.

- ° La laminación deberá tener un Amthor mínimo de 850 gramos por cada 2.54cm entre las distintas películas que la constituyen.
- ° La bolsa deberá tener un Amthor de sellos mínimo de 6 kilogramos por cada 2.54 cm.
- ° Una vez llenada, sellada y esterilizada, el crecimiento o desarrollo bacteriológico no debe ser mayor de 120 bacterias vivas por cada gramo de alimento. (Incubación durante tres semanas a 37°C).
- ° La laminación deberá trabajar adecuadamente en la máquina Bartelt Retort Pouch Modelo IM o equivalente a una velocidad de 60 piezas por minuto.

Con estas siete especificaciones se procedió a hacer el trabajo experimental con los siguientes materiales:

- * Película de poliéster de 12.7 y 19 micras de espesor, sin recubrimiento.
- * Película de polietileno isobutileno de 12 micras de espesor.
- * Película de poliamida de 12.5 micras de espesor.
- * Película de polietileno de alta densidad de 75 micras de espesor.
- * Película de polietileno de baja densidad de 50 micras de espesor.
- * Aluminio para laminación de 9 micras de espesor.
- * Película de polipropileno calandreada de 25 micras de espesor.

- * Película de polipropileno biorientada de 20 micras de espesor.
- * Resina virgen de polietileno de baja densidad 17070L.
- * Resina de polietileno de alta densidad.
- * Tintas de impresión de rotograbado tipo C.
- * Tintas de impresión de rotograbado tipo acrílicas.
- * Adhesivos de poliuretano de dos componentes.
- * Adhesivos de poliuretano de un componente.
- * Adhesivos a base de una suspensión de polipropileno.

Se dispuso del siguiente equipo para combinar las películas anteriores:

Máquina de impresión de rotograbado marca Cerutti de ocho unidades de impresión, capaz de desarrollar una velocidad de 1,000 metros por minuto, equipada con un sistema automático de tensión y ojo electrónico. Con secadores de alta velocidad y de alto impacto, con control de temperatura individual en los distintos cuerpos de impresión.

Equipo completo para la preparación de los rodillos de rotograbado marca Kasper Walther.

Máquina laminadora marca Faustel para laminación húmeda y seca. Completamente equipada con sistema automático de control de tensión, guía de orilla y dos secadores de alta velocidad y alto impacto, con controles independientes de temperatura.

Máquina para laminación por extrusión marca EGAN con tornillo "mul-

tistage" de 4.5in de diámetro, con relación L/D de 28 y relación de compresión 4:1, control de temperatura microcomputarizado.

Cortadoras-reembobinadoras Standford con control de tensión y ojo electrónico.

Equipo de laboratorio consistente en:

Amthor, Mullen, Elmendorf, TMI Slip Tester, Analizador de Infrarojo, Cromatógrafo de gases Perkin Elmer, Viscosímetro Brookfield, Selladora Sentinel, Celda de permeabilidad de gases Honeywell para GTR, Celdas de WVTR.

En el siguiente capítulo se hace una descripción más detallada de las características de cada equipo.

Con los materiales antes señalados se procedió a hacer las combinaciones, todas ellas tendientes a conseguir una laminación que cumpliera con los requisitos antes señalados, dentro del menor costo posible, procurando darle preferencia a los materiales de procedencia nacional. En la tabla VI.1 se resumen los resultados de las experiencias.

El adhesivo empleado para hacer las laminaciones fué también objeto de experimentación, pues se hicieron pruebas con la mayoría de los poliésteres que se encuentran en el mercado nacional, así como de todos los isocianatos, variando los componentes y la proporción de ellos, habiéndose concluido que las fórmulas más útiles fueron las siguientes.

* Fórmula para el promotor de adhesión para el recubrimiento por extrusión:

- ° 46% de poliéster A al 30% en metil-etil-cetona.
- ° 9% de isocianato especial A.

- 6% de solución al 20% de metil-dietanol-amina en tolueno.
- 39% de acetato de etilo grado uretano.
- * Fórmula para el adhesivo de dos componentes a base de poliuretano, para la laminación seca en la máquina Faustel.
 - 53% de poliéster A al 30% en metil-etil-cetona.
 - 11% de isocianato especial A.
 - 6% de solución al 2% de metil-dietanol-amina en tolueno.
 - 30% de acetato de etilo grado uretano.
- * Fórmula para la suspensión de polipropileno como alternativa al uso de poliuretanos.
 - 60% suspensión de polipropileno tipo NA
 - 40% agua.

Para el empleo de la primera fórmula se usó un rodillo fotograbado de 150 líneas por cada 2.54cm, con una profundidad de celdas de 25 micras, cromado con Econochrome.

Para el empleo de la otras fórmulas, se utilizó un rodillo grabado mecánicamente, tipo cudrangular de 150 líneas, con una profundidad de celdas de 25 micras, cromado con Econochrome.

Las dieciséis muestras de laminación que se señalan en la tabla IV .1, fueron alimentadas a una máquina Rexham Bartelt Retort Pouch IM, que formó las bolsas de 18X14 centímetros, las cuales se llenan con alimento, se sellan y son alimentadas a un autoclave continuo Rexham capaz de procesar 60 piezas por minuto.

Las bolsas fabricadas fueron sometidas a las pruebas descritas en en el capítulo II y los resultados se consignan en la tabla IV.1

Se puede apreciar en la tabla que la mejor muestra fué la del renglón 14 y que la del renglón 16 es susceptible de mejorarse. Por ello concluimos que son las más viables y sobre la laminación de poliéster impreso / aluminio / polipropileno extruido, se basa el resto del estudio.

TABLA IV.1

	Local USA Exterior / Media / Interior	Anchor de Laminación g/in	Persistencia a Temperatura (90 min.) °C	O_2 TR*10 ⁻⁶ cc/m ² -24hr- atm.	WVTR*10 ⁻⁷ g/in ² -hr.	Anchor de solillo Kg/in	Incubación 3 semanas 37°C Bact. vivas/gc
1	Poliéster A / adh / Polietileno a.d. modificado.	720	110	10	16	3	500
2	Poliéster B / adh / Polietileno a.d. modificado.	700	107	11	17	3	650
3	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / multi- polímero.	650-650	108	7	4	2	450
4	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / multi- polímero.	640-610	106	6	6	2	480
5	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / poliolefin butileno-polietileno.	760-810	120	7	4	4	450
6	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / poliolefin butileno-polietileno.	760-810	118	6	5	4	475
7	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / Gurlyn.	850-850	125	9	6	3	300
8	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / Gurlyn.	830-850	122	10	8	3	330
9	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / polipropi- leno.	780-590	110	8	5	4	195
10	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / polipropi- leno.	760-590	108	7	7	4	220
11	Poliéster A / impresión / polietileno / aluminio / polipropileno.	760-610	100	6	5	3.5	180
12	Poliéster B / impresión / polietileno / aluminio / polipropileno.	750-610	97	8	7	3.5	200
13	TSGa película de poliamida / impresión / D.M. poli- etil.	900-850	116	8	6	3	160
14	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / polipropi- leno.	800-850	135	2	0.5	6	120
15	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / polipropi- leno.	880-850	137	3	2	6	140
16	Poliéster A / impresión / adh / aluminio / polietil- eno a.d. modificado.	600-760	130	2	0.5	6	150
17	Poliéster B / impresión / adh / aluminio / polietil- eno a.d. modificado.	780-760	128	3	2	6	170
18	Polipropileno biorientado / impresión / adh / alu- minio / polipropileno.	660-700	100	11	4	3	195

V. EQUIPO INDUSTRIAL NECESARIO PARA LA FABRICACION DE ENVASES FLEXIBLES ESTERILIZABLES EN AUTOCLAVE

Una vez seleccionados los materiales más adecuados para formar la laminación, procederemos a hacer una descripción del equipo industrial necesario tanto para fabricar la laminación, como para envasar el alimento. En el diagrama V.1 se muestra la secuencia del proceso.

A. Tren de impresión.

Este equipo consta de varias unidades de impresión, en el inicio de las cuales el material es desembobinado y se hace pasar a través de cada unidad de impresión, el número de unidades de impresión varía de acuerdo al número de colores que se van a emplear, ya que cada color se debe aplicar en una unidad de impresión. Las unidades de impresión se componen de un depósito de acero inoxidable para la tinta, de un drenaje y una bomba que recircule la tinta al depósito, ya que la viscosidad de la tinta debe mantenerse constante para así evitar variaciones en el tono de la impresión.

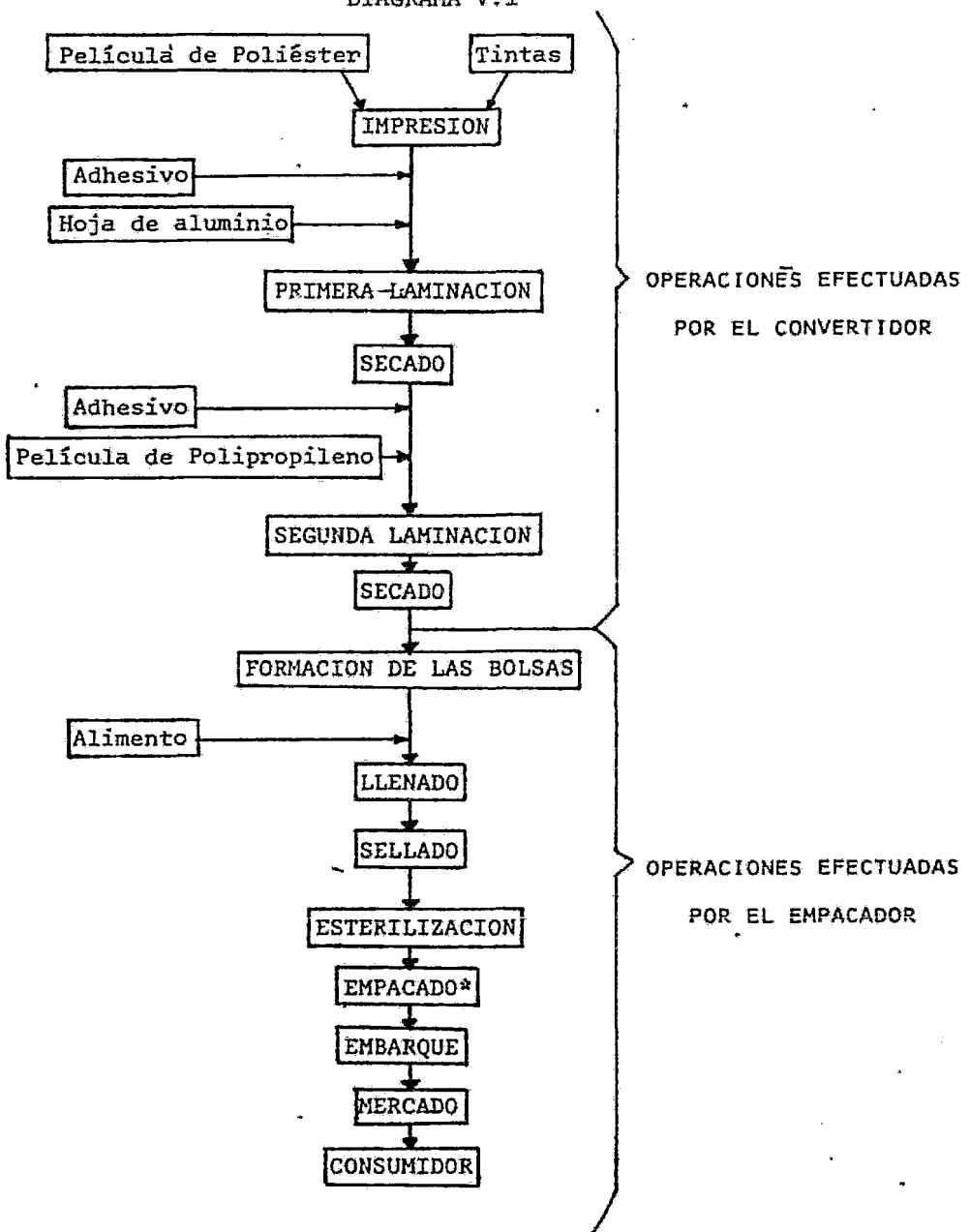
La unidad de impresión consta también de un rodillo de roto-grabado, un rodillo de hule y una navaja "doctor blade" además de un secador para eliminar el solvente.

Al final de la línea de impresión se encuentra el embobinador de la película ya impresa.

En nuestro caso el número de unidades de impresión fué de ocho, por cada tren de impresión, ver Fig. V.1.

B. Línea de laminación por extrusión.

DIAGRAMA V.1



ENBOBHADO DE LA
LAMINA IMPRESA

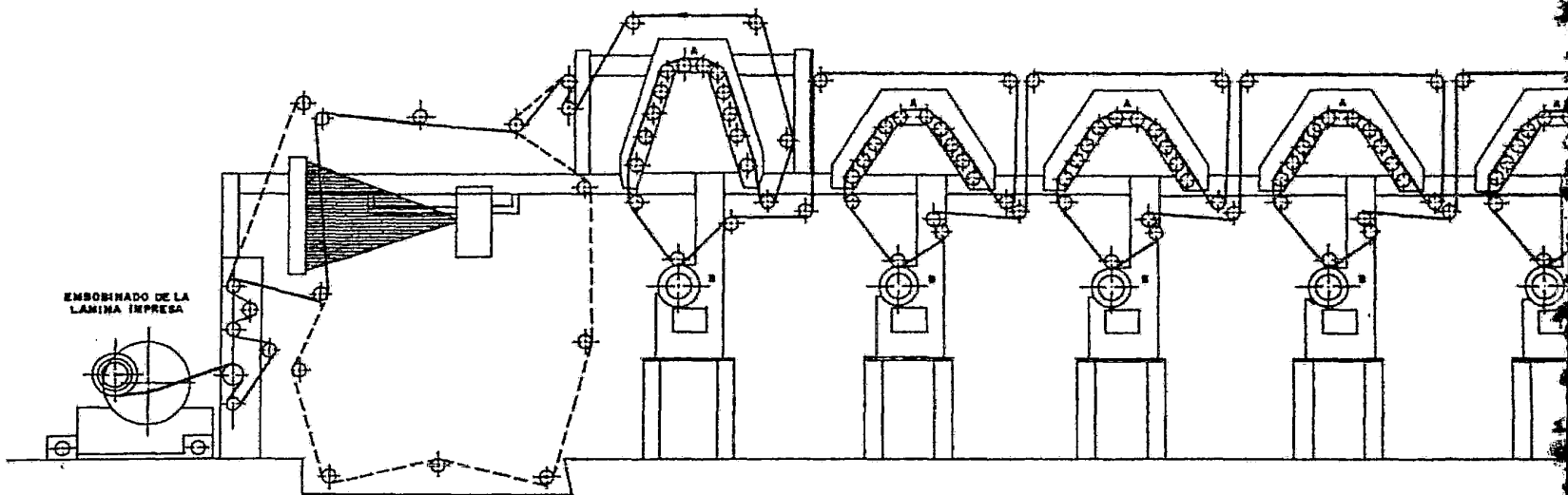
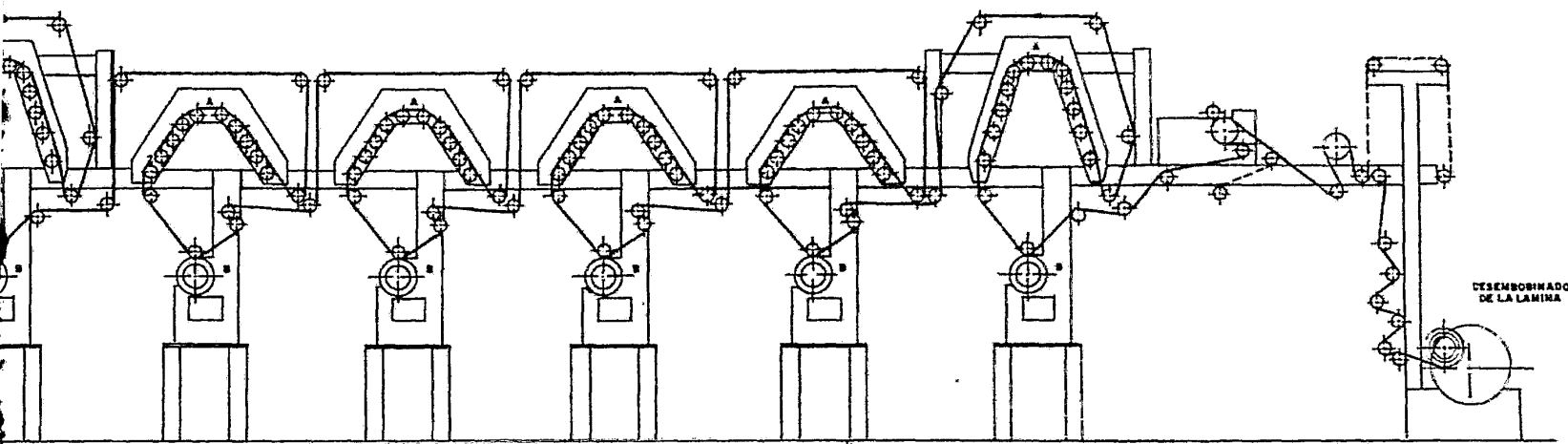


FIG. XI
TREN DE IMPRESION



DESEMBOLMADO
DE LA LAMINA

- A. SECADORES
- B. APLICACION DE LA TINTA

La línea de laminación por extrusión es de la marca "EGAN" y consta de las siguientes secciones.

- * Sección de desembobinado del primer sustrato.
- * Sección de aplicación del recubrimiento (primario).
- * Sección de secado.
- * Sección de laminación por extrusión.
- * Sección de desembobinado del segundo sustrato.
- * Sección de combinación.
- * Sección de embobinado de la lámina.

1. Secciones de embobinado y desembobinado.

La sección de desembobinado del primer sustrato consta de dos rodillos del mismo tamaño en los cuales se monta el primer sustrato; en tanto se está trabajando con uno de los rodillos en el segundo cilindro se monta otro rollo del sustrato, de tal suerte que en el momento en que se termine el material del primer rodillo, se une el final del primero con el inicio del segundo, lográndose una operación lo más continua posible, debe hacerse notar perfectamente la unión empleando cinta adhesiva de color y una bandera, esto se hace con el fin de que al momento de estar haciendo los empaques, estos no presenten desperfectos por hacerse con material desunido, debiéndose parar la máquina que los hace, para eliminar la sección que presente esta marca. El movimiento de los rodillos es provocado por un motor regulado por un control neumático, el cual

reduce la velocidad angular, en caso de que la tensión sobre la lámina no esté dentro del rango de operación. El encendido y apagado de los motores de los rodillos también puede efectuarlo el operador manualmente.

Simultáneamente al desembobinado, se va controlando la tensión del sustrato, empleando rodillos embalados, perfectamente pulidos, de posición variable y que al mismo tiempo transportan el material, llamados comúnmente rodillos de tensión.

La sección de desembobinado del segundo sustrato y la sección de embobinado de la laminación son análogas a la sección anteriormente descrita.

2. Sección de aplicación del recubrimiento (primario).

Para la aplicación del promotor de adhesión, se emplea un rodillo de rotograbado impulsado por un motor eléctrico, que como anteriormente se expresó, recoge la cantidad de promotor de adhesión necesario en sus celdas, de un depósito de adhesivo (de acero inoxidable). Eliminando el exceso de promotor por medio de una navaja "doctor" de movimiento oscilante provocado por un excéntrico, el depósito de adhesivo se llena con el promotor mediante una bomba de recirculación, para evitar que varíe la concentración de sólidos activos y se llegue a endurecer el promotor, consta también de un drene para mantener el nivel constante, además del rodillo de hule, el cual ejerce presión para que el sustrato entre en contacto con el rodillo de rotograbado y se impregne bien de promotor, el motor del rodillo de rotograbado tiene también un controlador neumático, con opción a encenderse y apagarse manualmente.

3. Sección de secado.

El secador opera con gas proveniente de una cámara de combustión, controlándose la temperatura del interior del secador, que es regulada con una mayor o menor combustión, es decir, una mayor o menor alimentación de combustible a la cámara de combustión, el indicador de temperatura es generalmente con uno o varios termopares, el tipo de secador empleado es el descrito en el capítulo II como secador de colchón de aire.

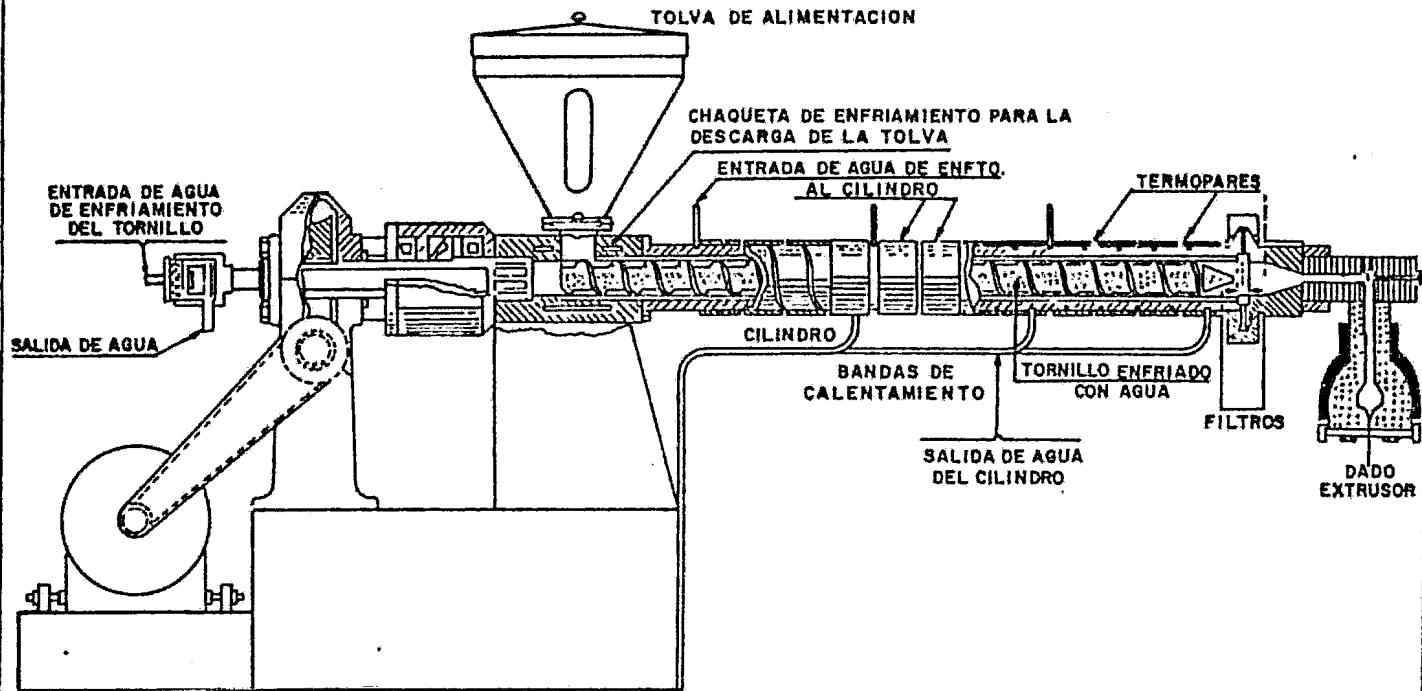
4. Sección de extrusión.

La máquina empleada para extruir consiste básicamente en un cilindro que contiene a un tornillo tipo Arquímedes, este último enfriado interiormente con agua, como se muestra en la Fig. V.2.

El material sólido se alimenta por medio de una tolva, que debe permitir el flujo libre del material en cantidad suficiente para llenar completamente la sección libre que hay entre la superficie interna del cilindro y el tornillo. El giro del tornillo fuerza al material a pasar a lo largo del cilindro, durante este trayecto, el material se va fundiendo, tanto por la energía producida por la fricción y el trabajo mecánico del tornillo, como por el calor suministrado mediante resistencias eléctricas conectadas al cilindro. Al final del cilindro es necesario hacer pasar el material a través de un filtro para así eliminar las impurezas que puedan existir, luego es forzado a salir a través del dado extrusor, el cual tiene una abertura por la que sale la película extruida, por lo que es necesario que esté bien calibrada para dar a la película el espesor y el ancho deseado.

La película extruida va cayendo entre un par de rodillos.

FIG. V-2
TORNILLO DE EXTRUSION



El espesor final de la película depende de la viscosidad del material fundido y de la presión con la cual este material se alimenta al dado, manteniendo la viscosidad del material fundido uniforme, se obtiene una presión y una velocidad de alimentación constante. La velocidad de rotación del tornillo es determinada por la potencia del motor empleado y por el reductor de velocidad acoplado a éste y debe ser tal que conduzca y funda el material. La velocidad de giro del tornillo debe mantenerse constante.

A lo largo del cilindro de extrusión, así como en el dado extrusor debe mantenerse constante la temperatura, para evitar los cambios en la viscosidad, por lo cual debe contarse con un sistema que la controle, por lo general el cilindro se divide en tres o más zonas, cada una con su propio control de calentamiento. El sistema de control consta de termopares que detectan la temperatura y la transmiten a una microcomputadora, se cuenta con un tubo de rayos catódicos o una televisión expositora, este sistema ofrece también un buen control de temperatura y un reporte detallado de la operación.

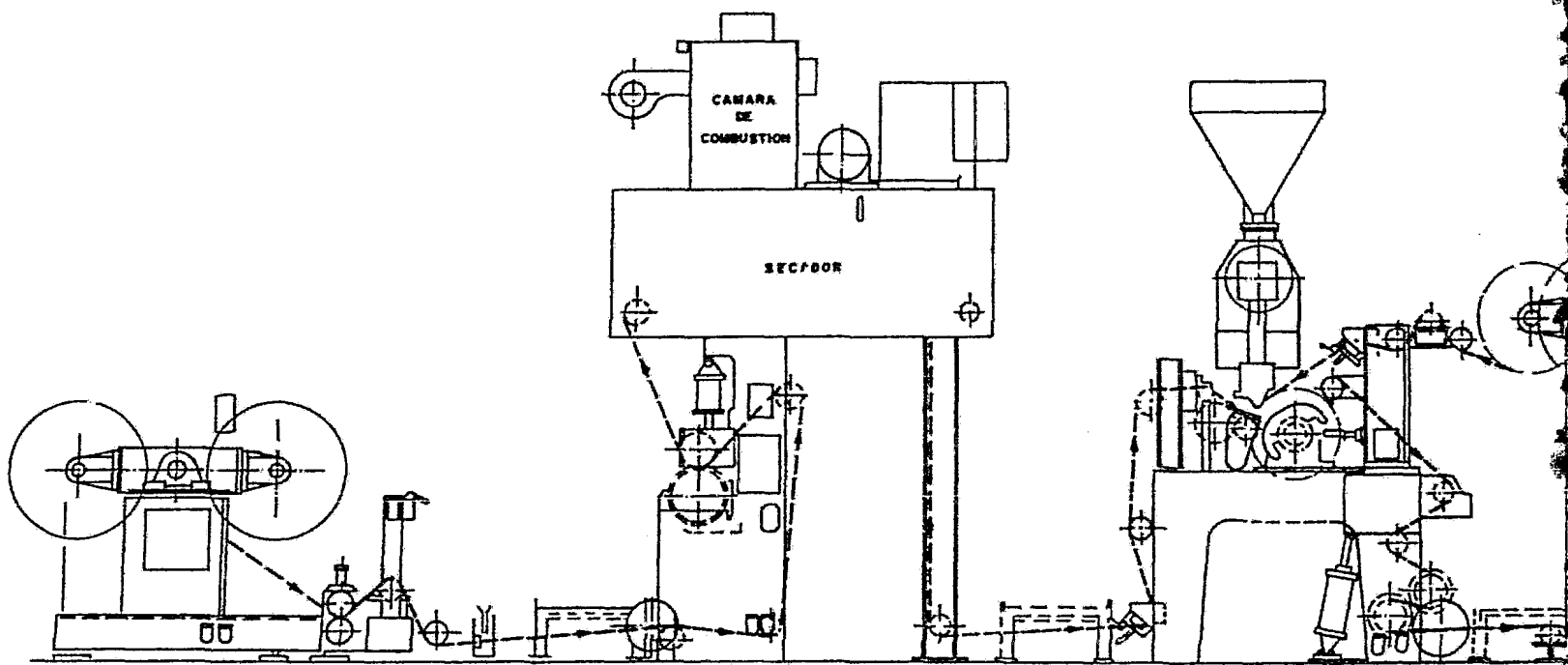
El extrusor va montado sobre rieles para acercarlo o alejarlo de la línea de laminación.

Para la laminación de polietileno sobre aluminio, el primero debe fundirse a una temperatura de 330 °C (626 °F).

La sección de laminación por extrusión se ilustra en la Fig. V.3.

5. Sección de combinación.

Para efectuar esta operación se emplea un rodillo metálico enfriado internamente con agua, para que la película extruída se solidifique y otro rodillo de hule, que debe estar

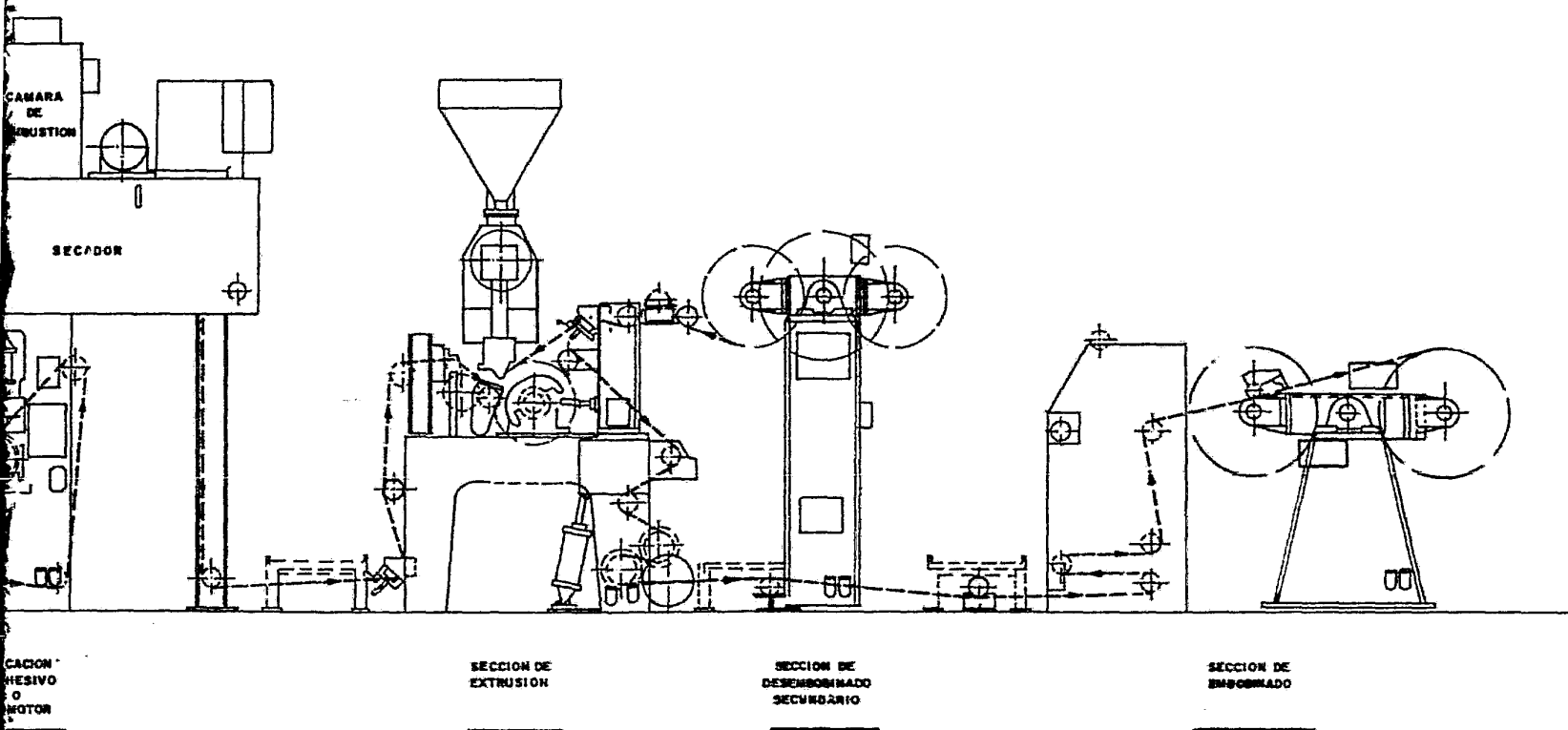


SECCION DE
DESEMBORNADO
PRIMARIO

APLICACION
DE ADHESIVO
O
PROMOTOR

SECCION DE
EXTRUSION

FIG. V-3
LINEA DE LAMINACION



enfriándose, ya sea por circulación interna de agua o por contacto con un rodillo de enfriamiento y que ejerce presión para unir ambos sustratos.

Antes de que el material formado pase a la sección de embobinado, debe encontrarse totalmente frío, para así evitar que las láminas enrolladas se peguen entre sí.

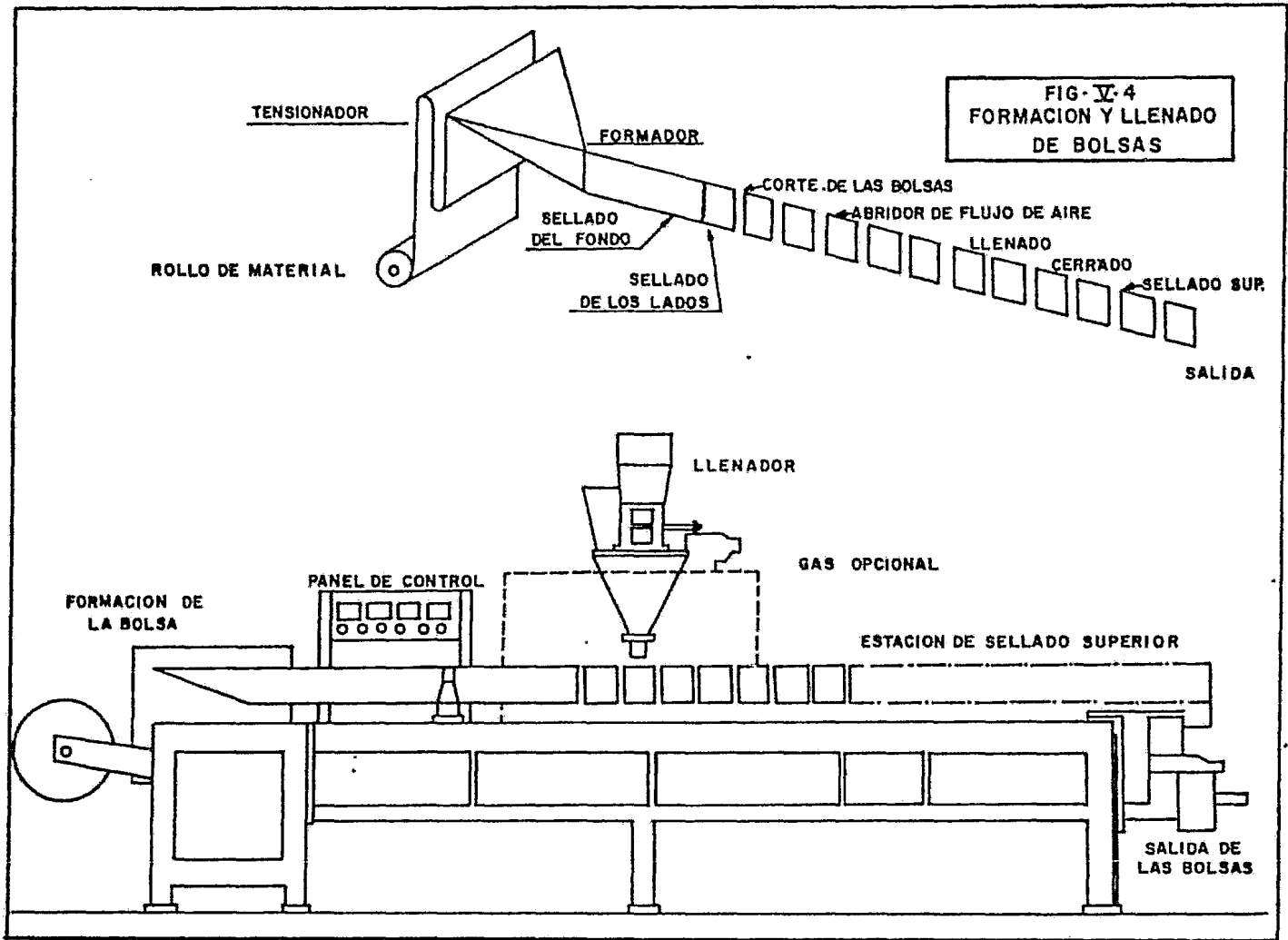
Las operaciones anteriormente descritas son realizadas en la planta del convertidor, el cual suministra la laminación al empacador, para que éste realice las operaciones que a continuación describimos:

C. Sección de formación y llenado de las bolsas.

En esta sección se empleó una máquina Rexham.

El rollo de material que formará las bolsas se monta en la máquina y se va desenrollando, proporcionándosele desde este momento la tensión adecuada; enseguida el material pasa por un formador, en donde se dobla el material a la mitad longitudinalmente, este doblez constituye el fondo de la bolsa, una vez así, se termosellan el fondo y los lados de la bolsa, posteriormente se procede a cortar los sellos laterales por la mitad, quedando las bolsas formadas y separadas; entonces se procede a llenarlas con el alimento, siendo necesario para ello abrir las bolsas, lo que se logra soplando aire a su interior, luego se alinean y se llenan con el alimento, que ya debe estar preparado y cargado a la máquina en una tolva; para concluir el proceso se sella térmicamente la abertura por la que se introdujo el producto. Ver Fig. V.4.

Todo el equipo que se encuentra en contacto con el alimento es de acero inoxidable. La velocidad alcanzada por la máquina empleada es de 60 bolsas por minuto formadas, llenadas y selladas.



D. Sección de esterilización: Autoclave continuo.

Para el proceso de esterilización se recomienda emplear el autoclave continuo de la compañía Rexham, la cual nos da una velocidad de esterilización de 60 bolsas por minuto.

El esterilizador es un cilindro de 7.3 m de longitud, que se divide horizontalmente en dos secciones, la sección superior para la esterilización por inmersión en agua con una corriente de aire y la sección de la base, para el enfriamiento a presión del producto, bajo el agua.

El sistema está provisto con las estructuras apropiadas, cadenas, guías y mamparas para conducir el producto (retenido por portadores rectangulares montados sobre las cadenas) en las dos zonas.

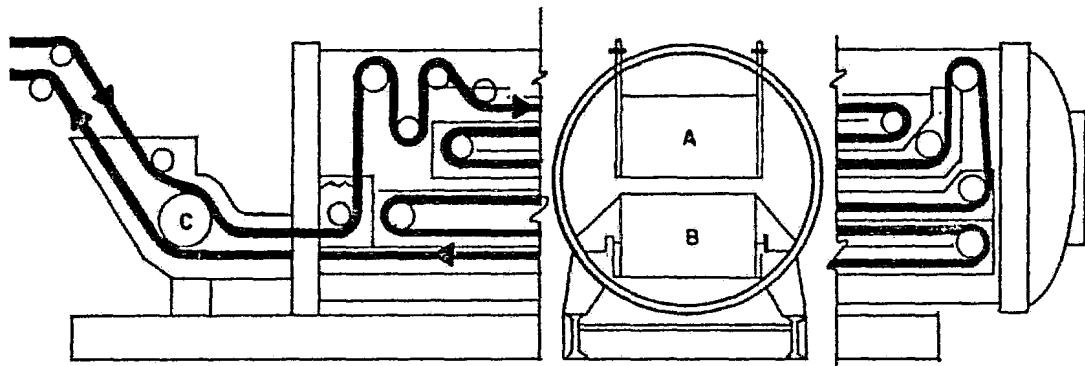
El producto, transportadores y cadenas, entran y salen del recipiente principal a través de una esclusa giratoria que funciona por presión de agua, diseñada para que el agua que se llega a fugar se vea minimizada y se pueda recircular fácilmente.

En la estación de alimentación y descarga, la cadena de movimiento continuo se convierte en intermitente, que permite la carga y descarga de las bolsas. Ver Fig. V.5.

El esterilizador está diseñado para manejar bolsas de 5"X6" con una capacidad dentro de la sección de vapor de 1 200 bolsas, para un tiempo de esterilización de 20 minutos se tiene una velocidad nominal de operación de 120 bolsas por minuto, los tiempos máximo y mínimo de esterilización son de 30 y 10 minutos respectivamente.

Una vez que se ha seguido esta secuencia, el producto queda listo para distribuirse y ser adquirido por el consumidor.

FIG.V.5
AUTOCLAVE CONTINUO



- A. - TANQUE DE ESTERILIZACION
- B. - TANQUE DE ENFRIAMIENTO A PRESION
- C. - ESCLUSA GIRATORIA

VI. EVALUACION ECONOMICA.

La factibilidad que existe de introducir un producto en el mercado, deberá ser analizada desde el punto de vista económico, una vez que hayan sido consideradas sus ventajas de tipo técnico.

Para realizar la evaluación económica deben conocerse; las propiedades físicas y químicas del producto final; el proceso de fabricación del producto; los equipos necesarios para efectuar dicho proceso y sus especificaciones; las materias primas requeridas y sus propiedades, así como los proveedores de éstas.

El costo total del envase flexible esterilizable en autoclave, comprende los costos que se tienen en dos procesos subsecuentes, uno que es la producción de la laminación, realizada por el convertidor, el cual entrega al empacador rollos de material, para que éste efectúe la segunda etapa del proceso que consiste en la formación, llenado y sellado de la bolsa, así como su distribución.

Con el fin de obtener un costo aproximado de la laminación que se empleará para la fabricación de las bolsas, se tomaron como base el promedio de los costos del proceso de tres de los convertidores más grandes de México en el año de 1980, la razón de esto es que el costo de las operaciones de impresión y de laminación, dependen fundamentalmente del tamaño del pedido que se procesa, del equipo que se utiliza y de la experiencia del personal de cada convertidor; siendo una de las principales causas, el desperdicio que se genera normalmente en cada una de las operaciones obligadas del proceso como son: la impresión, la laminación de la película impresa al aluminio, la unión entre éstas y la película de polipropileno y el reembobinado posterior a cada una de estas operaciones para su revisión y saneo, así como para el corte y refinamiento de la estructura definitiva; la magnitud relativa de desperdicio es considerablemente menor entre mayor sea el tamaño del pedido.

Asimismo, el tamaño del pedido que se procesa determina, en las materias primas nacionales la existencia de mejores precios a mayor volumen de compra, como es en el caso de la hoja de aluminio, la película de polipropileno, las tintas de impresión, los solventes, los adhesivos, los centros de cartón, etc.; para las materias primas de importación, como es la película de poliéster, entre mayor es la magnitud del pedido, en menor cuantía repercuten los costos de importación y manejo.

De no haberse hecho la consideración de un promedio de estos costos y se hubieran empleado los datos obtenidos para la elaboración de las láminas necesarias para las pruebas experimentales antes descritas, los costos y los desperdicios hubieran sido exageradamente altos, dado el tamaño tan pequeño de las muestras y por consiguiente los costos así obtenidos no serían representativos de la realidad.

El mercado para este envase no puede delimitarse claramente, pues sería menester establecer de antemano los productos que en él se envasarán y como se propone tanto para productos existentes, así como para nuevos productos, la aceptación de los primeros en una nueva presentación sería sólo función del envase que proponemos y para los segundos influiría de sobremanera el producto seleccionado, a pesar de lo anterior es posible predecir que como mínimo se podría empezar con una línea de empaçado del tamaño que mencionamos, como prueba de introducción en el mercado.

Para efectuar el estudio económico partimos de las producciones mensuales mínimas que están dispuestos a ofrecer los convertidores que realizarán la laminación empleada, ya que en producciones menores los costos de la laminación serían demasiado altos por los desperdicios que se generan, esta producción oscila entre 17 y 40 toneladas, que corresponde a la elaboración de 3 a 4 millones de bolsas de 18 X 14 centímetros, que son fácilmente consumibles en el mercado actual, producción que puede aumentar de acuerdo a la de-

manda que se tenga de estos productos, ya que los convertidores cuentan con las instalaciones suficientes para satisfacer en su totalidad la demanda nacional.

La estructura de la laminación es: una película de poliéster de 12.5 micras de espesor, impresa por rotograbado a dos tintas, unida por laminación seca a una hoja de aluminio de 9 micras de espesor, este conjunto a su vez unido a una película de polipropileno calandreado de 7.5 micras de espesor. Esta estructura tiene un peso de 116 gramos por metro cuadrado con un margen de $\pm 5\%$. Cada bolsa tiene un área total de 504 centímetros cuadrados, que corresponde a un peso aproximado por bolsa vacía de 6 gramos. El costo que nos proporciona el convertidor sobre esta laminación incluye todos los costos inherentes a la inversión por ellos realizada en maquinaria y demás servicios administrativos, que como se ha mencionado, la empresa no se dedicaría exclusivamente a la producción de esta laminación; además de los costos de las materias primas por ellos requeridas para la fabricación de la lámina.

Para los costos que resultan por parte del empacador, se consideran las operaciones de formado, llenado, esterilizado, sellado y demás empaques necesarios. Las bolsas se enviarán al mercado protegidas individualmente por una caja de cartón plegadizo de 14 X 18 X 2.5 centímetros, impresa a dos colores en litografía y a su vez, 12 cajas como estas se colocarán en un expendedor de cartón.

No se está considerando el costo del alimento contenido, ya que sería el mismo tanto para la lata que para el "efepa", tomando en cuenta que ambos contienen el mismo volumen.

En base a todas estas consideraciones, el costo de cada bolsa de 14 X 18 centímetros, formada, llenada, esterilizada y doblemente empacada es como sigue:

* Costos variables de operación:	Costo por bolsa. (\$ M.N.)
Laminación de película de 12.5 micras, impresa, hoja de aluminio de 9 micras y película de polipropileno calandreado de 75 micras; en rollos de 36 cm de largo y 60 cm de diámetro, a \$ 360.00 el kilo.	1.96
Envoltura de cartón plegable, impreso en litografía a dos colores, de 18 X 14 X 2.5 cm.	0.78
Expedidor para 12 bolsas, con un costo de \$ 3.50 por unidad.	0.29
Mano de obra directa en la línea de llenado y esterilizado.	0.30
Mantenimiento, supervisión y suministros de operación.	0.09
Servicios auxiliares (agua, vapor, electricidad, etc.).	0.12
* Cargos fijos de inversión.	
Depreciación de la línea de empaque y esterilizado (10 años).(Ver la tabla VI. 1).	0.11
* Cargos generales.	
Gastos administrativos y financieros.	0.02
Distribución.	0.18
TOTAL	3.85

La inversión en equipo, tendrá que ser hecha por el empacador únicamente, tanto en maquinaria para la formación, llenado y sellado de la bolsa, como equipo de esterilización para la misma. Un desglose de estos costos se muestra en la tabla VI.1.

De acuerdo con los datos proporcionados por diversas revistas, conferencias, entrevistas, etc., el costo promedio de la lata de 250 gramos de contenido neto, esterilizada y distribuida en cajas de cartón corrugado, fué en México en 1980 de aproximadamente \$ 7.21 m.n. por pieza. Por políticas de confidencialidad de las empresas consultadas es imposible realizar un desglose del costo presentado.

La situación tan incierta que existe actualmente en México en el mercado, nos lleva a determinar los costos de los envases flexibles esterilizables, para los años de 1981 y 1982, mediante una evaluación basada en los índices de inflación que edita el Banco de México y que se muestra en la Fig. VI.1, en la cual se puede apreciar que a través del tiempo sigue manteniéndose la ventaja de la efepa con respecto a la lata.

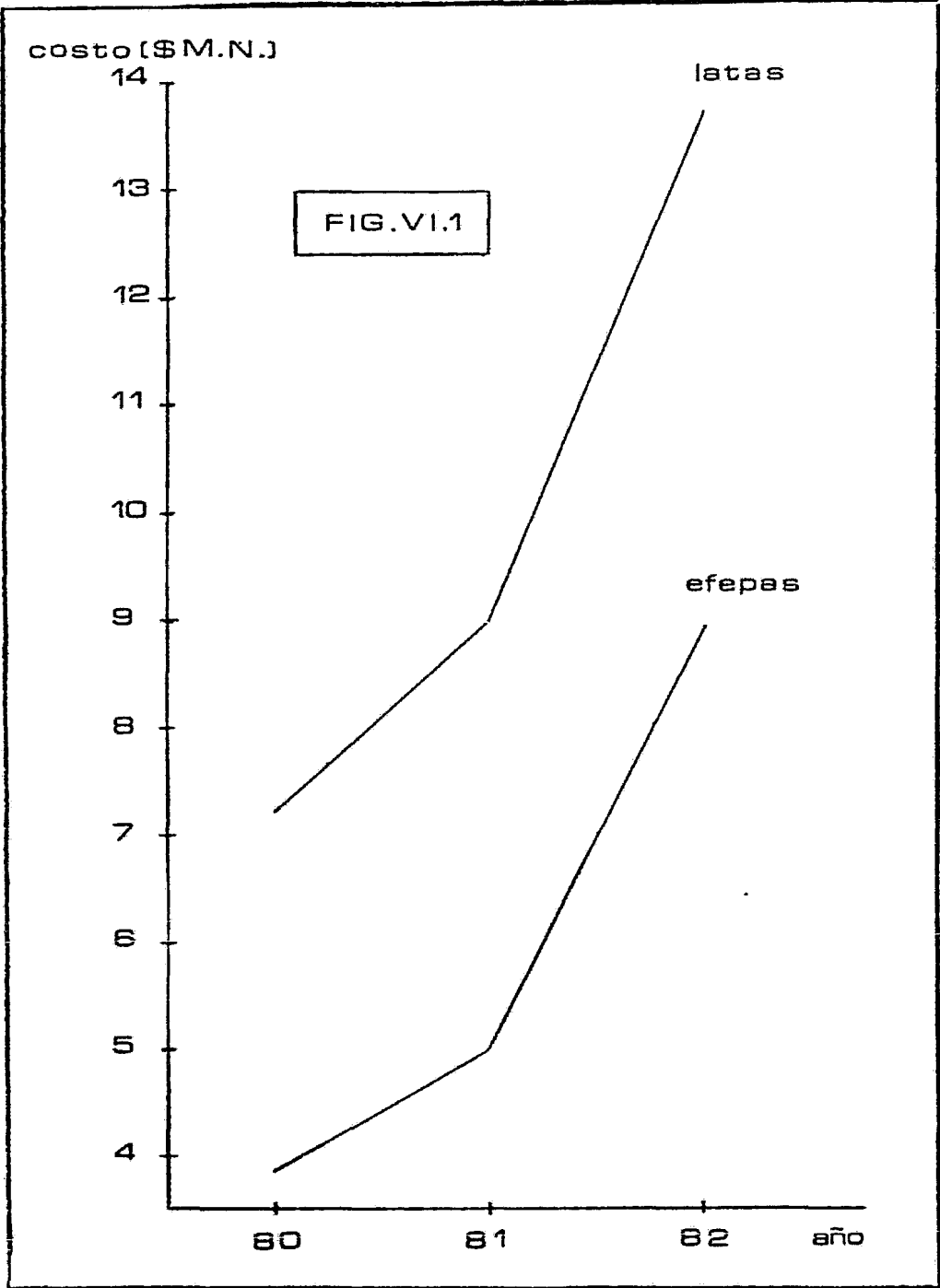
A manera de comparación y en cierta forma de corroboración, vale la pena incluir un estudio similar hecho en 1980 en Estados Unidos y publicado por Reynolds Metals Company de Richmond, Virginia, en la división "Food & Beverage Packaging".

* Costos variables de operación.

	Costo por bolsa. (UScy \$)
Estructura de poliéster, aluminio, polipropileno, en rollos (equivalente a la que se considera en esta tesis).	0.0560
Cartón exterior, impreso en litografía a dos colores.	0.0275

TABLA VI.1

No. requerido	Artículo	Proveedor y modelo	Precio total (pesos)	Capacidad Máx. bolsas/min	No. de operadores
1	Retorta	Rexham, Continuo	25 000 000	120	2
2	Formadora/lle- nadora/sellado ra	Bartelt Retort Pouch IM inyección de vapor	7 500 000	60	4
2	Cartonador/se- llador	Superior model #20	2 750 000	60	2
	Accesorios		1 250 000		
	Inspección y supervisión				6
TOTAL			36 500 000		



Expedidor de cartón para 12 piezas.	0.0010
Mano de obra directa en la línea de empaque. (UScy \$ 0.9810 por hora, <u>con</u> siderando 4 000 horas).	0.0125
Mantenimiento, supervisión y suministros de operación.	0.0225
Servicios auxiliares (agua, vapor, <u>elec</u> tricidad, etc.).	0.0040
* Cargos fijos de inversión.	
Depreciación de la línea de empaque y esterilización. (10 años).	0.0062
* Gastos generales.	
Gastos administrativos y financieros.	0.0150
	<hr/>
TOTAL	0.1447

El costo se refiere a una bolsa de 14 cm (5.5 in) X 18 cm (7 in), formada, sellada, pero sin considerar el contenido, esterilizada y debidamente encartonada, lista para enviarse al mercado.

El contenido de la bolsa antes mencionada es de 8 onzas, es decir casi 250 gramos y comparándola con el costo de una lata similar, etiquetada, esterilizada y lista para enviarla al mercado en car tón corrugado, que en Estados Unidos era, en 1980, de aproximada mente UScy \$ 0.185, se confirma la ventaja económica de la bolsa esterilizable

Por otra parte, en Estados Unidos entre 1979 y 1980, en unos estudios hechos por David A. Heintz, de Reynolds Metals Company, se concluye que para el comerciante detallista hay un retorno de utilidades de 3 a 5 veces mayor por cada pulgada de espacio en el anaquel de los envases flexibles esterilizables por autoclave, que en la latería.

Adicionalmente, según Wayne H. Dahlgren, Director de Mercadeo de Rexham Corporation, en 1980 los requerimientos de energía para producir un envase flexible esterilizable listo para el mercado, en un tamaño aproximado de 227 gramos, era de 487 Kcal, en tanto que para la lata de la misma capacidad se requerían 897 Kcal.

Si bien es cierto que para la producción de "efepas" es necesario importar la lámina de poliéster y que además la producción de aluminio no es suficiente para abastecer el mercado nacional, para la producción de latas es necesario importar la hoja de lata, o en su defecto, envases de este material, ya que el consumo nacional de este producto hace necesaria la importación de una cantidad aproximadamente igual a la que es producida en el país, con el atenuante en el caso de los flexibles, de que para hacer un "efepa" se requiere una cantidad mucho menor de material que para la lata. En la tabla VI.2 se muestran los volúmenes de exportación, importación y producción de los materiales empleados para la formación de latas y del envase en sí.

En 1980 los costos del aluminio y películas plásticas se orientaban hacia mejores precios que los del acero y el estaño, esto no sólo en Estados Unidos, sino también en nuestro país.

Desde fines de 1982 se han presentado restricciones en la importaciones de materias primas no consideradas como prioritarias para el desarrollo del país, como es el caso de las películas flexibles; se espera que a finales de 1983 existan más facilidades para importar dichos materiales, así como la maquinaria necesaria.

TABLA VI.2

PRODUCTO	ORIGEN	1979	1979	1980	1980
		(vol..ton.)	(miles pesos)	(vol. ton.)	(miles pesos)
Lámina estaña da	Producción	174 898	-	191 672	-
Lámina estaña da	Exportación	6 667	44 925	2 281	22 770
Lámina estaña da	Importación	140 098	2 065 641	233 725	4 091 937
Envase de ho- ja de lata	Exportación	77	1 902	128	2 613
Envase de ho- ja de lata	Importación	4 585	144 291	1 508	43 000
Tapa de hoja de lata	Importación	1 370	50 439	2 352	116 419

Las condiciones antes señaladas representan una desventaja para la producción de los "efepas", mas no debe olvidarse que el consumo de energéticos es mucho menor en los "efepas" que en las latas, en los procesos de formación, esterilización y distribución y esto a su vez se va a ver reflejado en un ahorro considerable en el costo del producto.

VII. CONCLUSIONES.

Del análisis de los resultados obtenidos en los diferentes experimentos, combinando distintas películas mediante varios procesos de fabricación, asunto que se resumió en la tabla IV.1, podemos concluir lo siguiente:

Para la fabricación de envases flexibles esterilizables en autoclave se sugiere emplear la laminación resultante de la combinación de poliéster impreso con aluminio, mediante el proceso de laminación seca, utilizando un adhesivo de poliuretano y la posterior aplicación de polipropileno extruido, ya que se logra una lámina que no permite la transmisión de oxígeno, ni de vapor de agua y que al sellarse térmicamente por la cara del polipropileno, el sello formado es de alta resistencia.

El envase formado con esta laminación no permite la reproducción de bacterias con el alimento en él envasado. Este envase nos permite someter al alimento, al proceso de esterilización más adecuado, para dar al producto una larga vida de anaquel.

Existen en México las tecnologías de impresión por rotograbado, de laminación con adhesivos, de recubrimiento y de laminación por extrusión, de formulación de tintas y adhesivos y todas las tecnologías auxiliares requeridas para producir laminaciones adecuadas para muy variados tipos de envases flexibles esterilizables por autoclave.

Existe en México, actualmente, la planta industrial suficiente y necesaria para que sin nuevas inversiones, ni modificaciones importantes a los equipos instalados y en operación desde hace varios años, se pueda producir un tonelaje bastante importante de laminaciones para envases flexibles esterilizables en autoclave.

No existe por parte de los productores y empacadores de alimentos, una planta industrial importante para el formado, llenado y este

rilizado por autoclave, de bolsas del tipo de las que se han hecho mención en el desarrollo del presente trabajo, pero la inversión requerida para ello es, comparativamente a la requerida para las latas, muy reducida.

Este envase resulta adecuado para proporcionar a la población del país una mejor alimentación, si el proyecto de desarrollo del mismo es encausado correctamente.

En las "efepas" se podrán envasar productos ya existentes en el mercado frescos o enlatados, los cuales no se verán afectados en sus propiedades organolépticas, teniéndose un ahorro en los costos de envasado y distribución, con respecto a los que se tendrían si se les envasara en latas.

Al comparar este empaque con respecto a la lata, observamos que las "efepas" resultan más económicas que las latas convencionales; así mismo ofrecen la posibilidad de conservar alimentos, que comercialmente no se habían visto favorecidos en el mercado cuando se trataron de introducir enlatados, como ciertas especies marinas que adquieren un sabor desagradable debido a los conservadores que deben utilizarse cuando se envasan en latas.

Aún cuando en México tenemos grandes litorales, con infinidad de especies marinas que no han sido explotadas, ya sea por ignorancia de su existencia, falta de sistemas de refrigeración y de redes de distribución, lo que se ve más acentuado en las zonas alejadas del mar, con los envases flexibles esterilizables en autoclave se podrán envasar, ya preparados para su consumo, sin necesidad de enseñar a la gente a prepararlos, conservando su sabor original.

Quizá una de las principales desventajas es que este envase está constituido por dos capas de productos derivados del petróleo, que no son biodegradables y por consiguiente sólo pueden desaparecer sus desperdicios incinerándolos. El aluminio que contienen

no podrá ser reutilizado, ya que el proceso de recuperación necesario sería demasiado costoso, no así en el caso de las latas, que pueden ser reutilizadas.

Es un hecho comprobado que la producción y distribución de alimentos en México dista mucho de ser un problema resuelto, tal vez no es ni siquiera un problema bien planteado.

Podemos afirmar, en base a las conversaciones sostenidas con personas relacionadas con la industria alimenticia mexicana y al análisis hecho en el presente trabajo, que es necesario tratar de sustituir a la lata por otro envase, ya que en la actualidad el consumidor, un muy alto porcentaje del precio que paga en casi todos los alimentos enlatados, es el costo de la lata que los contiene.

Por todo lo anterior consideramos, como resumen de nuestras conclusiones, que los envases flexibles esterilizables podrían ser una de las más accesibles soluciones a tan viejo problema que existe en la conservación y distribución de alimentos; ya que el estado actual de nuestra tecnología en esta área nos permite fácilmente efectuar la laminación y se requiere de poca inversión por parte del empacador para ponerlo en práctica.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

A. Artículos.

- Badenhop, A. F. y Milleville, H. P.
Institutional size retort.
Food Processing; January 1980; pags. 82-86.
- Booth, G. L.
Rod coaters have had rapid growth and wide application.
Paper Trade Journal; October 13, 1969; pags. 68-71.
- Ceribelli Madi, L. F.
Situación de los envases flexibles esterilizables en la América Latina.
- Clifford, W. H.
Calculating pouch volumes.
Modern Packaging; August 1977; pags. 38-40.
- Convery, J. J.
Laminating, slitting, sheeting, coating.
The Packaging Encyclopedia 1969; pags. 592-594.
- Dubois, J. H.
Introduction to plastics for packaging.
Modern Packaging Encyclopedia; December 1978; pags. 44-48.
- Grail, T. J. y Fingerman, S. M.
Laminating defects - causes and cures.
Paper, Film and Foil Converter; July-August 1969.
- Gyeszly, S. W. y Clifford, W. H.
Two packages are better than one.
Modern Packaging; September 1978; pags. 37-39.
- Habegger, M. y Strackenbrock, K.
Solvent residues in flexible packaging.
Paper, Film and Foil Converter; September 1980; pags. 92-98.
- Kaye, I.
Guide to packaging adhesives.
Modern Packaging Encyclopedia; December 1979; pags. 53-55 y December 1978; pags. 50-52.
- Lampi, R. A. et al.
Performance of flexible package seals.
Modern Packaging; June 1976; pags. 37-44 y May 1976; pags. 35-40.
- Morris, Ch.
Retort pouch moves forward.
Food Engineering; March 1979; pags. 114-115.

Peters, J. W.

Retail debut of retort pouch earns consumer acceptance.

Food Product Development; V. 9, Nº. 3, March 1975; pags. 22-24, 26 y 31.

Pinto, A.

Metallized films dazzles the market.

Modern Packaging; February 1979; pags. 25-28.

Pinto, A.

Retort pouch: moving to close the materials and machinery gap.

Modern Packaging, march 1978; pags 23-28.

Serchuk, A.

Polypropylene's expanding world.

Modern Packaging; August 1978; pags. 25-30.

Shaw, F. B.

New developments in packaging films.

Modern Packaging Encyclopedia; December 1979; pags. 20-33.

Simms, W.

Packaging ideas from Europe.

Modern Packaging; January 1969; pags. 44-46.

Tuxbury, D.

Better foods in retorted pouches demands both: food technology and package engineering efforts.

Food Products Development; V. 7, Nº. 8, October 1973; pags 70-71.

Wolper, P. K.

Coatings: types and uses.

Modern Packaging Encyclopedia, December 1979; pags. 49-52.

Zweig, S.

Focus on Film Laminating.

Paper, Film and Foil Converter; October-November 1967.

Adhesives: Education is the thing.

Modern Packaging; April 1978; pags. 45-48.

Answering the can price question.

Modern Packaging; October 1979. pags. 45-49.

Faster line speeds, better adhesion, speed growth of extrusion coating.

Modern Plastics International; May 1982; pags. 8 y 10.

Flexible packaging reaches for higher barrier.

Package Engineering; March 1980; pags. 39-43.

Flexibles: high barriers for fresher food.

Modern Packaging; July 1976; pags. 21-24.

Food Packaging: where it's been, where it's going.
Modern Packaging; July 1978; pags. 17-27.

Guide to flexible packaging.
Modern Packaging Encyclopedia; December 1978; pags. 69-72.

Latas, latas, latas...
Alimentos Procesados; Marzo 1982, V. 1, N^o.1; pags. 63-64.

Package.
A Modern Plastics International Special Report.
Modern Plastics International; August 1982; pags. 25-32.

Retortable Pouch.
Package Engineering; May 1980; pags. 88-93.

Peters, J. W.
I.T.T. will debut retort pouch for broad line of entrees.
Food & Drug Packaging, August 25, 1977.

F. D. A. Approves retortable pouches.
Modern Packaging; June 1977; pags. 22-26.

B. Libros.

Indicadores Económicos.
Subdirección de Investigación Económica.
Banco de México, Octubre 1982.

Ives, Mead & Riley.
Handbook of plastics test methods.
Cliffe Books, 1971, London. Cap. 13, pags. 362-392.

The 1982 Packaging Encyclopedia.
Package Engineering.

C. Catálogos y otras publicaciones.

Clough, R. E.
Five firms answer Army's call, spark packaging breakthrough.
A Cahners Publications, February 1973.

Clough, R. E.
This team's success sets the pace for tomorrow.
A Cahners Publications, February 1973.

Clough, R. E.
Total controls all along line assure pouches' flowless seals.
A Cahners Publications, February 1973.

Dahlgreen, W. H.
The present & future of retort pouch.
R & D Associates Meeting. March 25, 1980.

Heintz, D. A.
Flexible Packaging Division.
Reynolds Aluminium, Bulletin Nº 558, July 10, 1981.

A catalog and register of testing laboratory equipment.
Catalog Nº. 1: Pulp paper packaging.
Testing Machines Inc.

Alkathene. Brand of polythene.
Extrusion and Compounding.
Imperial Chemical Industries, Ltd.

Capran, Nylon Films.
Allied Chemical Co, Nylon Films.

Catalog C-101-2. Flame Safeguards.
Honeywell.

Emblem. Biaxially oriented nylon film.
Unitika, Ltd.

Empacadoras de movimiento intermitente para bolsas flexibles.
Rexham Corporation. Packaging Machinery Division. Bolletín 102 S

Instruction manual for the EGAN. C. M. R. - 1000.
EGAN Machinery Company.

Machine Engraved Rolls¹
Evenflo Pamarco Inc.

Manual de operación de la línea de laminación Faustel.

Manual for adhesives and coatings for the converting industry.
Morton Chemical Industry.

Melinex poliester film.
Imperial Chemical Industries, Ltd. Films Group.

Película flexible para empaque.
Manufact. Chem.; V. 53, Nº. 7, July 1982; pags. 30-33.

Polyethylene extrusion coating... an operating manual.
National Distillers & Chemical Corp.
U. S. Industrial Chemical Co. 1962.

Polyethylene film extrusion... an operating manual.
U. S. Industrial Chemical Co. 1978.

Polyolefins of blown and cast film.
U. S. Industrial Chemical Co.

Pouch air burst tester.
Ludlow Corp. Flexible Packaging Division.

Propirey.
Celulosa y Derivados, S. A., División de Películas y Empaques.

Retort pouch packaging.
News & Information.
Rexham Corporation. Packaging Machinery Division.

Rotopack 326.
Rotomec S. P. A., Italia.