

44



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS.  
"SELECCION DE PLASTICO TERMOENCOGIBLE PARA  
EMBALAJE DE BOTELLAS DE PET 1 lt NR"**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**NAYDEE MALINALI MUÑOZ MORAN**

**ASESOR: DR. JOSE LUIS ARJONA ROMAN**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO**

**2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y Embalaje de Alimentos: Selección de plástico termoconccqible

para embalaje de botellas de PET 1 L.NR.

que presenta la pasante: Naydeé Malinali Muñoz Morán

con número de cuenta: 9117274-7 para obtener el título de :

Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de Junio de 2002.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>II</u>	<u>Dr. Jose Luis Arjona Román</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>C.M.C. Ma. De la Luz Zambrano Zaragoza</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>C.M.C. Víctor Manuel Avalos Ávila</u>	<u>[Firma]</u>

## DEDICATORIAS

Con cariño:

A mis papás, quienes invariablemente han estado a mi lado. Es un pequeño agradecimiento al gran esfuerzo y al apoyo incondicional que siempre me han brindado. Los quiero mucho.

A Xavier, con quien inicié una nueva etapa de mi vida y con quien espero permanecer el resto de mi existencia. Te amo gordito.

A Julio Eduardo, porque me otorgaste la más grande felicidad: El dar vida a un ser tan bello y maravilloso como tú. Te amo bebé.

A mis hermanos, porque cada uno de ellos ha sido una parte muy importante en mi vida:

Marcos, espero sigas prosperando como hasta ahora; te quiero mucho y te admiro.

Tzitzí, la esencia de la familia. Te quiero mucho

Ferdy, te quiero como a un hijo, gracias por tu apoyo.

A Erika porque se ha dado a querer como una hermana.

A Marcos Fernando, gracias por traer esa gran alegría a la familia, te quiero mucho bebé.

A mis grandes amigos, porque a pesar del tiempo y la distancia sigue existiendo ese gran aprecio que siempre predominó entre nosotros. Ciertamente, ellos saben a quien me refiero.

A la profesora Laura M. Cortazar, porque invariablemente encontré una amiga en ella.

## AGRADECIMIENTOS

Al doctor Oscar Almaráz, quien comparte sus conocimientos y su experiencia al servicio de la humanidad; gracias a él tuve una nueva oportunidad de vivir.

A todos los que permanecieron auxiliando a mi familia durante mi indisposición; entre ellos mis tíos, abuelos, amigos y al personal del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

A todos los participantes en el seminario de Envase y Embalaje; en especial al doctor Arjona quien fue mi guía a lo largo de la elaboración de este trabajo y al profesor Minutti que siempre ha concedido tiempo para lo que sea necesario.

Sinceramente, Naydeé Malinali

# INDICE GENERAL

	Pag.
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>2</b>
<b>INDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO I :            <b>ANTECEDENTES</b></b>	<b>12</b>
1.1 El aporte teórico de la ciencia de los polímeros	12
1.2 Clasificación de polímeros	13
o Originados por polimerización	
o Originados por poliadición	
1.3 Clasificación de plásticos	15
Según el comportamiento mecánico	16
o Plásticos	
o Elastómeros	
o Fibras	
Por su elasticidad a distintas temperaturas:	
1.3.1 Elastómeros	17
1.3.2 Termofijos	17
1.3.3 Termoplásticos	18

1.3.4 Comparación entre termoplásticos y termoestables	22
1.3.4.1 Temperatura de transición vítrea	23
o Temperatura de encogimiento	
o Grado de encogimiento	
1.4 Comparación estructural de los polímeros	28
1.4.1 Polímeros amorfos	28
1.4.2 Polímeros cristalinos	29
1.5 Tecnología de embalaje con películas	31
1.5.1 Características de las películas	31
o Espesor adecuado	
1.5.2 Propiedades mecánicas	31
1.5.2.1 Ensayo de tensión	
1.5.2.2 Módulo de elasticidad	
1.5.2.3 Ensayo de dureza	
1.5.2.4 Ensayo de impacto	
1.5.2.5 Coeficiente de deslizamiento	
1.5.2.6 Tensión de encogimiento	
1.5.3 Propiedades ópticas	34
1.6 Sistemas de embalaje	34
1.6.1 Películas encogibles	35
1.6.2 Películas estirables	36
1.6.3 Películas retráctiles	37
1.6.4 Polietileno	37
1.6.5 Polietileno de baja densidad	38
1.6.6 Polietileno de alta densidad	39
1.6.7 Polipropileno	40
1.6.8 Poliestireno y copolímeros de estireno	41
1.7 Comparación de propiedades entre las anteriores películas	43

<b>CAPITULO II:</b>	<b>PLANEACIÓN METODOLÓGICA</b>	<b>46</b>
2.1	Descripción del cuadro metodológico	46
2.2	Cuadro metodológico.	48
<b>CAPITULO III:</b>	<b>ASPECTOS DE LA TECNOLOGÍA DE EMBALAJE CON PELÍCULAS</b>	<b>49</b>
3.1	Algunas películas de embalaje y sus características	49
3.1.1	Películas encogibles	49
o	Película plana	49
o	Película doblada a la mitad	50
o	Película tubular	50
3.1.2	Film de polietileno coextruido cinco capas	51
3.1.3	Film alveolar de polietileno	51
3.1.4	Film para paletizar	52
3.1.5	Film manual estirable	52
3.1.6	Film automático estirable	53
3.2	Maquinas de embalaje con películas tomando en cuenta los anteriores films.	53
3.2.1	Máquina embaladora semiautomática con film extensible	54
3.2.2	Modelo auto cubre palets WM-63	56
3.2.3	Modelo auto cubre palets WM-55	57
3.2.4	Modelo Ecopack	58
3.2.5	Modelo WM-23	59
3.2.6	Cargas paletizadas	59
3.3	Criterios de selección de materiales de embalaje para PET 1 lt. en 12 pack.	61

3.3.1 Selección de el material de embalaje para PET 1 lt. en 12 pack.

62

**CONCLUSIONES**

66

**BIBLIOGRAFÍA**

68

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG
1	Principales termoplásticos	18
2	Diferencias entre termoplásticos y amorfos	19
3	Principales polímeros amorfos y cristalinos	20
4	Consumo de los principales plásticos en México, durante el año 2000.	21
5	Consumo de los principales Plásticos en el México para la fabricación de embalaje durante el año 2000	21
6	Comparación entre plásticos	23
7	Aplicaciones de plásticos alrededor de la temperatura de transición vítrea	26
8	Temperatura de fusión y transición vítrea para algunos termoplásticos	27
9	Polímeros altamente cristalinos y altamente amorfos	30
10	Comparación de propiedades entre las diferentes películas	43
11	Rangos de fabricación de película plana	49
12	Rangos de fabricación de película doblada a la mitad	50

13	Rangos de fabricación de película tubular	50
14	Propiedades, presentación y espesores del film de PE	51
15	Propiedades, presentación y espesores del film alveolar	52
16	Color, diámetro, presentación de film manual estirable	52
17	Color, diámetro, presentación de film manual estirable	53
18	Color, diámetro, presentación de film automático estirable	53
19	Datos técnicos de máquina embaladora semiautomática con Film extensible	56
20	Datos técnicos de máquina auto cubre palets WM-63	57
21	Datos técnicos de máquina auto cubre palets WM-55	58
22	Datos técnicos de modelo Ecopack	58
23	Datos técnicos de modelo WM-23	59
24	Material y máquina de embalaje seleccionados	65

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁG.
1	Región de temperatura de fusión y de transición vítrea	25
2	Polímero cristalino	29
3	Empleado con películas plásticas	60

## RESUMEN

En el presente trabajo se hará una recopilación de los antecedentes de los polímeros, así como su clasificación y algunas de sus características para un embalaje adecuado. Se explicará la tecnología de embalaje con películas dentro de la cual se citarán características de estos materiales, cómo es espesor adecuado, resistencia mecánica, propiedades ópticas, coeficiente de deslizamiento. En cuanto a los sistemas de embalaje, se enumerarán las películas de embalaje existentes como las encogibles, estirables, retráctiles, el polietileno de alta y baja densidad, el polipropileno, el poliestireno y se hará una comparación entre todas estas películas tomando como referencia sus propiedades mecánicas, ópticas y en general sus características mismas como puede ser el espesor, tendencia a la corrosión, rigidez o flexibilidad, resistencia térmica, estabilidad a la temperatura, e inclusive sus ejemplos de aplicación en la industria del embalaje. Se presentarán las propiedades de algunas películas termoencogibles comerciales como, estabilidad, rendimiento, transparencia y adhesividad así como algunas características entre las que se mencionan espesor, ancho, calidad y presentación. Se mostrarán las máquinas de embalaje tomando en cuenta las películas que se utilizan y se citarán los criterios de selección de materiales de embalaje de los cuales se retomarán algunos para la selección del material de embalaje de botellas de PET 1 L NR.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos cincuenta años la industria de las materias plásticas tuvo un desarrollo de proporciones gigantescas, superando la industria del acero. Después del 1945 el poliestireno, cloruro de polivinilo, poliamidas, polimetilmetacrilato y sucesivamente polipropileno han entrado en las hogares de todos, independientemente de la condición social, en las ciudades más remotas como en las grandes metrópolis, en los países industrializados como en las economías agrícolas.

La sustitución continua de los materiales tradicionales con las nuevas sustancias sintéticas, las formas ergonómicas de las herramientas y los objetos de los cuales el ser humano se circunda y utiliza, ha sido un fenómeno que nunca había existido en la historia del ser humano en proporciones tan grandes y con una dinámica tan rápida.

Para tener una visión más amplia en el tema de los envases; éstos se dividen en:

**ENVASE PRIMARIO:** Contenedor de contacto directo con el producto, líquido, sólido o gaseoso; industrial o de producto.

**ENVASE SECUNDARIO:** Contenedor unitario ó colectivo: Sirve para informar o conocer el producto.

**ENVASE TERCIARIO:** Contenedor colectivo, contiene varios envases primarios y secundarios, los unifica, protege y promueve.

**EMBALAJE:** Contenedor de expedición, unitario ó colectivo. Se utiliza para proteger mercancía, sobre todo en la distribución.

Así mismo, con el objetivo de preservar y proteger el paso del tiempo, en combinación con la evolución de la tecnología, se han creado envases innovadores con base a un consumidor más exigente cada día, dándoles diferentes usos, siempre sin olvidar su principal función: conservar.

El número de polímeros utilizables para el embalaje de los alimentos es ya muy importante y cada año que vemos pasar advertimos aparecer nuevos materiales que podrían ser empleados en este campo.

Las materiales plásticos tales como los utilizados en el campo del embalaje, contienen a menudo constituyentes, además del polímero, que les da el nombre, de forma que el grado de cristalización, la longitud de las cadenas, los pesos moleculares, el contenido de plastificantes, las cadenas laterales, los puentes intercadenas, las cargas y los pigmentos van a jugar un papel más o menos importante en las distintas transferencias de los mismos.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES

Alexander Parkes , creció en el culto de la ideología del invento, aunque no tuvo una formación escolástica específica en el campo de la química y de la física; ésta era una condición bastante normal en esos tiempos. Parkes se ocupó durante un cierto período en la elaboración de la goma natura, en un momento en el cual en este campo se hacían grandes pasos hacia adelante con el descubrimiento de la vulcanización y de las primeras máquinas de elaboración. Estudiando el nitrato de celulosa obtenido en 1845 por C.F. Shoenbein, Parkes obtiene un nuevo material que podía ser "utilizado en su estado sólido, plástico o fluido, (que se presentaba rígido como el marfil), opaco, flexible, resistente al agua, coloreable y era posible trabajarlo con un utensilio como los metales, estampar por compresión, laminar". Con estas palabras, el inventor describió la Parkesine, o sea , un tipo de celuloide - patentada en 1861 - en una hoja publicitaria difundida en 1862, en ocasión de la Exposición Internacional de Londres donde se exhibieron las primeras muestras de la que podemos considerar la materia plástica primigenia, fuente de una gran familia de polímeros que hoy en día cuenta con algunos centenares de componentes

### 1.1 EL APORTE TEÓRICO DE LA CIENCIA DE LOS POLÍMEROS

Fue Hermann Staudinger, director del instituto de química de Friburgo, el que inició en 1920 los estudios teóricos sobre la estructura y la propiedad de los polímeros naturales (celulosa, isopropeno) y sintéticos. Propuso para los

polímeros sintéticos del estireno y del formaldehído y para la goma natural las fórmulas en cadena que hoy en día son reconocidas por todo el mundo. Atribuyó las propiedades coloidales de los altos polímeros exclusivamente al elevado peso de sus moléculas, proponiendo de denominarlas macromoléculas.

Contemporáneamente se aclaraba en los aspectos esenciales el mecanismo químico de la polimerización y de la copolimerización; estudios que culminaron en 1954 con los descubrimientos de K. Ziegler y de G. Natta sobre los catalizadores de polimerización del etileno. En ese mismo año Natta y sus colaboradores del Politécnico de Milán y de la Montecatini obtienen con esos catalizadores una clase de polímeros altamente cristalinos que fueron denominados isotáctiles, porque caracterizados por la presencia de largas secuencias de unidades monoméricas con la misma configuración. El polipropileno se revela inmediatamente como un polímero de enorme importancia industrial y su producción aumenta rápidamente en todo el mundo, en particular en los Estados Unidos - no obstante algunas controversias legales concernientes a la propiedad del invento - en Japón, Gran Bretaña y obviamente en Italia. En 1962 la producción mundial era de aproximadamente 300 000 toneladas mientras que hoy en día se producen globalmente aproximadamente 15 millones de toneladas y el porcentaje de crecimiento previsto para este polímero es el más elevado entre todos los termoplásticos de consumo. (tecnomaq.com,2001)

## **1.2 CLASIFICACIÓN DE POLÍMEROS**

Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diferentes. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones, otras, globos, etc. Algunas se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales. La mayor parte de los polímeros que usamos

en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de diferente tamaño son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen.

Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases, como se indica en los siguientes puntos:

### 1.2.1 POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN

Propiamente dicho, en este tipo de procesos, uno o más monómeros se enlazan por efecto de un catalizador. En esta reacción química, no se produce ningún subproducto. Este tipo de proceso es común a muchos de los plásticos conocidos como polipropileno, polietileno, metacrilato, etc...

### 1.2.2 POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIADICIÓN.

La poliadición se produce entre monómeros con enlaces dobles o triples.

Al igual que en el caso anterior, en el monómero debe haber como mínimo, dos enlaces no saturados, pues si sólo hay uno, no se produce polimerización: Cuanto mayor es el grado de insaturación del monómero, más fácilmente se polimeriza; es un tipo especial de reacción de policondensación en la que no se desprenden compuestos de bajo peso molecular, en cada uno de los pasos de la reacción.

El mecanismo de la polimerización por adición comprende dos etapas:

- 1.) Apertura del enlace no saturado y formación de un radical mediante la absorción de energía.
- 2.) Reacción de adición del radical con otro monómero, formándose un nuevo radical y repitiéndose el proceso.

Los distintos mecanismos se diferencian en la especie activa en la reacción de polimerización (radicálica, aniónica, catiónica, por pasos), mientras que las técnicas de polimerización se distinguen por el medio en el que la reacción tiene lugar ( en disolución, en bloque o en masa, en suspensión, en emulsión) en los pasos de la reacción.

### **1.3 CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS**

Los plásticos (también llamados polímeros o resinas) se clasifican en dos categorías: termoplásticos y termofijos de acuerdo a su comportamiento al aplicárseles temperatura . Los termoplásticos son polímeros de cadenas largas que cuando se calientan se reblandecen y se solidifican al enfriarse. Representan el 78-80% de consumo total de los plásticos. Los termofijos son los que al calentarlos por primera vez se forman entrecruzamientos, transformándolos en infusibles e insolubles. (ALEMÁN, 2001)

Es importante no confundir los polímeros termoestables con los polímeros estables a altas temperaturas porque los primeros son siempre entrecruzados mientras que los últimos pueden ser termoplásticos o termofijos.

## CLASIFICACIÓN SEGÚN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

- o Plásticos – son materiales poliméricos estables en las condiciones normales de uso, pero que durante alguna etapa de su fabricación estuvieron fluidos. Esta propiedad les permite ser moldeados por calentamiento, por presión o por ambos. Ej.: polietileno, polipropileno, poliestireno.
- o Elastómeros ( o cauchos) – son materiales poliméricos que tanto pueden ser de origen natural como sintético. Después de sufrir una deformación bajo la acción de un fuerza, recuperan la forma original rápidamente, por más que la deformación haya sido grande o aplicada por bastante tiempo. Ej.: polibutadieno, caucho nitrílico, poli(estireno-co-butadieno).
- o Fibras – las fibras tienen una relación muy elevada entre la longitud y el diámetro. Generalmente son constituidas de macromoléculas lineales y se mantienen orientadas longitudinalmente. Ej.: poliésteres, poliamidas y poliacrilonitrilo.

Por su elasticidad a distintas temperaturas se distinguen los elastómeros, termoplásticos y termofijos. Los primeros son muy elásticos a temperatura ambiente, mientras que los termoplásticos lo son a temperaturas moderadas y los termofijos son rígidos.

Los polímeros termofijos difieren de los termoplásticos en que no toleran ciclos repetitivos de calentamiento; con el calor, fluyen para ser moldeados, pero la reacción química hace que se endurezca y su forma se vuelva inamovible..

### **1.3.1 ELASTÓMEROS**

Se caracterizan por una fácil degradación frente al calor y una irreversibilidad del proceso de moldeado, esto es, una vez moldeados no se pueden volver a utilizar como materia prima.

Sus características microscópicas basadas en una organización espacial de las cadenas del tipo "muelles de colchón" influyen en el comportamiento macroscópico del mismo; caracterizado por una gran flexibilidad (entendida como la capacidad de un sólido de recuperar su forma original tras finalizar un esfuerzo de compresión o de flexión).

En cuanto a su procesabilidad se moldean con técnicas similares a las de la industria del caucho, aunque existe una variedad denominada termoplásticos elastómeros que pueden procesarse como termoplásticos.

De hecho, con frecuencia se mezclan con algún termoplástico para conferirle unas mayores propiedades de flexibilidad e impacto.

### **1.3.2 TERMOFIJOS**

Estos plásticos se solidifican en forma permanente al aplicar calor durante el proceso de termoformado, la resina no puede ser reutilizada directamente como los termoplásticos, y la mayoría son procesados fundiendo el material.(ARJONA, 2001)

Como en el caso anterior la disposición microscópica de las cadenas dota a la estructura macroscópica resultante de cierta característica particular; en este caso, la composición resultante es muy compacta y de gran rigidez. Estos materiales presentan, respecto al resto de plásticos, una mayor resistencia térmica por cuanto al aportar más calor no logra romperse la estructura de cadenas.

No obstante, su fragilidad es inversamente proporcional a la resistencia térmica. Efectivamente, la resistencia térmica viene dada por la mayor compactación de las cadenas, pero ese mayor empaquetamiento da lugar a una posibilidad de rotura mayor.

### 1.3.3 TERMOPLÁSTICOS

A diferencia de los tipos anteriores, no existe ningún tipo de enlace químico entre cadenas, en éstos existen atracciones de tipo electroestático que hacen que la estructura microscópica sea un entrecruzamiento caprichoso y complicado de cadenas a modo de ovillo de lana. Un aporte de calor a esta estructura permite que las estructuras puedan desliarse y resbalar unas sobre otras confiriendo el llamado estado viscoelástico.

Estos plásticos pueden ser reutilizados, fundiendo y moldeando nuevamente, después de varias reutilizaciones se degradan. (ARJONA, 2001).

CUADRO 1. Principales termoplásticos

NOMBRE	ABREVIACION
Poliétileno de baja densidad	LDPE
Poliétileno de alta densidad	HDPE
Polipropileno	PP
Cloruro de polivinilo	PVC
Poliestireno	PS
Poliétilentereftalato	PET
Polibutíentereftalato	PBT
Polimetilmetacrilato	-
Policaprolactama	Nylon 6

(omega.ilce,2001)

El cuadro No. 1 contiene los principales polímeros termoplásticos y su abreviación, lo cual nos servirá para darnos una idea específica de este tipo de materiales y para identificar los diferentes materiales a lo largo del trabajo.

Dentro de este grupo podemos distinguir entre termoplásticos AMORFOS y CRISTALINOS. La diferencia radica en que los cristalinos, cuando se pliegan lo hacen intentando ocupar el mínimo espacio posible, no así en el caso de los amorfos que lo hacen de una forma mucho más anárquica. Aún más, en el caso de los amorfos la contracción es isotrópica (constante en las 3 dimensiones del espacio), mientras que en el caso de los cristalinos la contracción es anisótropa ( la contracción es mucho mayor en el sentido de flujo que en el transversal).

No obstante, no existe ningún termoplástico que sea 100% cristalino ni 100% amorfo. Siempre coexiste una parte cristalina y otra amorfa, aunque haya siempre una mayoría que define la clasificación del material.

CUADRO 2. Diferencias entre termoplásticos Amorfos y Cristalinos

AMORFOS	CRITERIO	CRISTALINOS
Menor	Resistencia térmica	Mayor
Menor	Rigidez	Mayor
Menor	Contracción	Mayor
Mayor	Impacto	Menor
Mayor	Transparencia	Menor

(MORTON-JONES, 1993)

Como es lógico, este comportamiento microscópico tiene sus consecuencias en las características macroscópicas del material, tal como indica el cuadro No. 2. En resumen, dicho cuadro muestra los contrastes entre los polímeros amorfos y cristalinos, esto puede beneficiar o no, dependiendo la utilización que se le dará al material, pues los cristalinos tienen una mayor resistencia

térmica, rigidez y contracción pero un menor impacto y transparencia. Es decir los amorfos tienen mayor capacidad para absorber la aplicación súbita de una carga. Como puede observarse cuando una propiedad es mayor en uno, disminuye en el otro.

CUADRO 3. Principales polímeros amorfos y cristalinos.

AMORFOS	CRISTALINOS
ABS Acrilo Nitrilo Butadieno Estireno	PPN Polipropileno
PS Poliestireno	PBT Polibutilentereftalato
ASA Ester Acrílico elastomérico	PET Polietilentereftalato
PC Policarbonato	PA Poliamida
PMMA Polimetacrilato	POM Resina
PVC Cloruro de Polivinilo	-

(MORTON-JONES, 1993)

El cuadro 3 enumera los polímeros amorfos y los cristalinos conteniendo dos de los que se utilizarán en el presente trabajo, uno es amorfo (Poliestireno) y el Polipropileno es cristalino, lo cual nos ayudará en la distinción de las propiedades de los materiales a utilizar para el embalaje de botellas de PET 1 L NR.

En el cuadro 4 se muestran los datos del año 2000 de los principales plásticos que fueron utilizados, su consumo se da en miles de toneladas; siendo el Polietileno el más consumido con un 47.7% en su presentación de baja y alta densidad y el Poliestireno el menos consumido con un 8.27%

CUADRO 4 Consumo de los principales plásticos en México, durante el año 2000

PLÁSTICO	ABREVIATURA	MILES DE TONELADAS
Poliétileno de baja densidad	PEBD	870
Poliétileno de alta densidad	PEAD	658
Tereftalato de polietileno	PET	413
Polipropileno	PP	643
Poliestireno	PS	265
Policloruro de vinilo	PVC	355
	<b>Total</b>	<b>3,204</b>

(APRETEC, AC. 2001)

CUADRO 5 Consumo de los principales Plásticos en el México para la fabricación de embalaje durante el año 2000

PLÁSTICO	ABREVIATURA	MILES DE TONELADAS
Poliétileno de baja densidad	PEBD	609
Poliétileno de alta densidad	PEAD	269.8
Tereftalato de polietileno	PET	408.9
Polipropileno	PP	225.1
Poliestireno	PS	108.7
Policloruro de vinilo	PVC	60.4
	<b>TOTAL</b>	<b>1,681.7</b>

Analizando los cuadros 4 y 5, el plástico que más se destina para la industria del embalaje es el Poliétileno de baja densidad con un 36.21%, seguido del Tereftalato de Poliétileno con un 24.31% consumido.

En la utilización total de plásticos, el Polietileno de baja densidad es el más consumido en un 27%, sin embargo, casi todos los materiales son usados en el mismo porcentaje, siendo la variación imperceptible. Del total de la producción de el Tereftalato de polietileno, un 99% se destina a este sector; mientras que el Polietileno de baja densidad se utiliza en un 70% de su obtención total. El 52.48% de estos materiales plásticos fueron destinados a la fabricación de embalaje, lo que es presentado en el cuadro 5.

### **1.3.4 COMPARACIÓN ENTRE TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS**

La industria de los termoplásticos en México tiene una participación importante en la industria del envase y el embalaje. Debido a la estructura molecular y composición química distinta entre estos polímeros, asumimos que los termofijos en comparación con los termoplásticos son:

- o Más rígidos en módulo de elasticidad
- o Son frágiles sin maleabilidad
- o Menos solubles en los solventes comunes
- o Capaces de reaccionar a temperaturas más altas
- o No pueden ser refundidos

El cuadro 6 se basa en lo que se explicó al inicio de este subcapítulo (1.3.4) y muestra las diferencias entre termoplásticos y termofijos.

En general, los termoestables son más resistentes a la humedad que los termoplásticos, pero a su vez éstos son más resistentes a los esfuerzos de tensión e impacto. (BARRAGÁN, 1990)

Los termoplásticos son reversibles, mientras que para los termofijos, el líquido se convierte en sólido irreversiblemente.

CUADRO 6. Comparación entre plásticos

TERMOPLÁSTICOS	TERMOESTABLES
Se usa material fundido en la etapa de conformación en líquido.	Se usan polímeros líquidos o gomosos de menor peso molecular en la conformación.
Mayor resistencia a los esfuerzos de tensión e impacto.	Mayor resistencia a la humedad.
Estado sólido-líquido reversibles.	El líquido se convierte irreversiblemente en un sólido.
Es posible la recuperación de los desperdicios.	No pueden recuperarse directamente los desperdicios.
Hay una temperatura máxima de uso.	Muchas veces pueden soportar altas temperaturas.

(MORTON-JONES, 1993)

### 1.3.4.1 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA

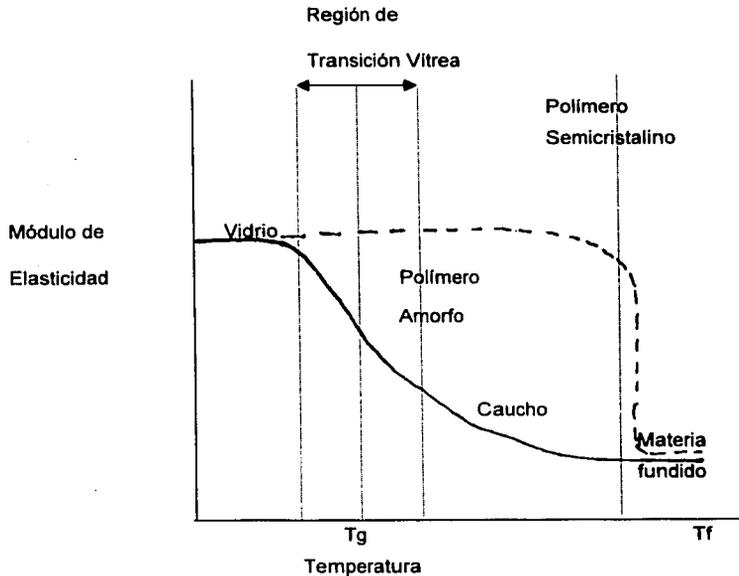
Una de las características de importancia en los materiales poliméricos, es la temperatura de transición vítrea que es la temperatura media en la que los polímeros cambian de estado. (ARJONA, 2001).

A temperaturas altas, los polímeros se vuelven líquidos muy viscosos en los que las cadenas están constantemente en movimiento cambiando su forma y deslizándose unas sobre las otras. A temperaturas muy bajas, el mismo polímero sería un sólido duro, rígido y frágil. El polímero puede solidificarse formando un sólido amorfo o uno cristalino. Como se sabe los polímeros con fuertes irregularidades en su estructura tienden a formar sólidos amorfos y los polímeros con cadenas muy simétricas tienden a cristalizar, por lo menos parcialmente.

Evidentemente, el estado vítreo lo alcanzan diferentes polímeros a diferentes temperaturas. Los que sean más flexibles, con menos grupos voluminosos en sus cadenas, podrán girar o permanecer flexibles a temperaturas menores que los otros. Por ejemplo, los silicones, el polietileno y el hule natural tienen temperaturas de transición vítrea de  $-123$ ,  $-120$  y  $-73$  °C respectivamente. En cambio, polímeros con grupos grandes o grupos muy polares o polarizables, tienen de por sí tan baja movilidad que son vítreos a temperatura ambiente y para reblandecerlos se requiere de altas temperaturas. Entre  $T_f$  (temperatura de fusión) y  $T_g$  (temperatura de transición vítrea), los cristallitos están embebidos en una matriz más o menos elástica y el material es correoso, pero abajo de  $T_g$  los cristales están dispersos en una matriz frágil. Las propiedades mecánicas de los polímeros también cambian con la temperatura y en la gráfica del módulo de elasticidad con la temperatura se aprecian las mismas transiciones. Abajo de  $T_g$ , el material es un sólido vítreo de gran rigidez, que se manifiesta por altos módulos que generalmente alcanzan los  $10^6$  psi. la única deformación posible se debe al estiramiento y doblamiento de los enlaces covalentes que unen a los átomos en la cadena, y al estiramiento de los enlaces intermoleculares. esta deformación no es permanente ni puede ser muy pronunciada. A temperaturas superiores a  $T_g$ , la deformación es más extensa y más dependiente del tiempo, porque las moléculas ya tienen mayor libertad y cambian continuamente su forma y hasta cierto punto su posición. La aplicación del esfuerzo tiende a orientar a las moléculas en favor de configuraciones que tiendan a hacer trabajo.

Por ejemplo, un esfuerzo de tensión extiende a las moléculas y las orienta en la dirección del esfuerzo aplicado porque así se produce una elongación de la muestra. Si la temperatura es mayor, pero muy cercana a  $T_g$ , la deformación es prácticamente reversible y se debe al reordenamiento de segmentos cortos de las cadenas. Entre  $T_g$  y  $T_f$ , el material es hulo porque las cadenas están enmarañadas y eso dificulta su movimiento. A temperaturas cercanas a  $T_f$  y mayores, las cadenas poliméricas ya se

deslizan y separan causando flujo viscoso irreversible. El material se comporta como un líquido muy viscoso (ASKELAND, 1987).



$T_g$  = temperatura de transición vítrea

$T_f$  = temperatura de fusión

FIGURA No. 1. Región de temperatura de fusión y de transición vítrea

(ARJONA, 2001)

En la figura No. 1, se observa el comportamiento de los materiales en cuanto a su temperatura y su módulo de elasticidad, teniendo como parámetros la temperatura de transición vítrea y la temperatura de fusión.

Como se advierte en la figura No. 1, en los polímeros cristalinos o semicristalinos, la deformación elástica es baja, ya que las cadenas son casi rectas y paralelas entre sí. Las temperaturas mayores permiten un mayor

alargamiento de los enlaces pero el módulo de elasticidad permanece alto. Las propiedades como son el módulo de elasticidad o la densidad, cambian a una velocidad diferente cuando la temperatura cae por debajo de la de transición vítrea (ASKELAND, 1987)

CUADRO 7. Aplicaciones de plásticos alrededor de la Temperatura de transición vítrea

TIPO DE MATERIAL	MATERIAL	APLICACIONES
Plásticos duros	Poliestireno, polimetil acrilato	Aplicaciones debajo de $T_g$
Estado gomoso o ahulado y plásticos suaves	Poliisopropeno y poliisobutileno. Polietileno y polipropileno.	Aplicaciones arriba de $T_g$

(ARJONA,2001)

En este intervalo de temperatura, un cambio en la forma del polímero es limitado. Su resistencia es mayor, el módulo de elasticidad aumenta.(Cuadro 7).

Por arriba de la temperatura de transición vítrea, se aplican lo plásticos en estado gomoso y los plásticos suaves; por debajo de ésta se utilizan los plásticos duros.

En el cuadro 8 se muestra que las temperaturas de fusión y de transición vítrea, varía de un termoplástico a otro. El Poliacrilonitrilo y el Teflón, tienen una mayor temperatura de fusión y el Polietileno de baja densidad se distingue por experimentar la menor temperatura, sin embargo, ésta nunca es alcanzada por la ambiente.

En lo que corresponde a la temperatura de transición vítrea, que como se refirió anteriormente es la temperatura media en la que los polímeros cambian de estado, los polímeros producidos por adición, como es el caso

de la tabla anterior, tienen una temperatura de transición vítrea menor a la temperatura de fusión. El plástico o polímero con rango más alto de temperatura entre la de fusión y transición vítrea, es la de Polietileno de alta densidad, Polietileno de baja densidad y Poliestireno, estas películas son de las más utilizadas en el embalaje de bebidas.

**CUADRO 8** Temperatura de fusión y transición vítrea para algunos termoplásticos.

<b>POLIMERO</b>	<b>T<sub>f</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>g</sub> (°C)</b>
Polietileno de baja densidad	115	-120
Polietileno de alta densidad	137	-120
Cloruro de polivinilo	175-212	87
Polipropileno	168-176	-16
Poliestireno	240	85-125
Teflón	327	
Poliacrilonitrilo	320	

(ASKELAND, 1987)

Como puede observarse, éstas temperaturas son extremas y no se manejan temperaturas comunes o ambientes, sólo podrían presentarse con métodos obtenidos de procesos de manufactura, no son alcanzadas de una manera natural.

Cuando la temperatura baja hasta la temperatura de fusión  $T_f$ , el polímero se vuelve rígido. Por debajo de la  $T_f$ , el polímero es rígido y mantiene su forma, sin embargo, las cadenas se mueven y causan deformación cuando se aplica un esfuerzo. Cuando se retira dicho esfuerzo, solo se recupera la parte elástica de la deformación. Conforme desciende la temperatura, ocurre una deformación elástica.

## o TEMPERATURA DE ENCOGIMIENTO

Es la temperatura a la que los polímeros se contraen. Los más adecuados son aquellos que tienen un rango de temperatura de encogimiento amplio y se utilizan en equipos con controles de temperatura sencillos.

Generalmente son preferidos los polietilenos que se retraen a baja temperatura, ya que presentan costos de operación más bajos y no afectan la envoltura de productos sensibles al calor

## o GRADO DE ENCOGIMIENTO

En general, el porcentaje máximo de encogimiento varía de 15 a 80 %, dependiendo de la composición y tecnología de fabricación del material, debiendo ser balanceado en ambas direcciones. Cuando se utiliza como envoltorio de productos de formato complejo, se recomienda un alto grado de encogimiento. En el caso de film impreso, más importante que la capacidad total de encogimiento es un porcentaje balanceado de contracción en ambas direcciones, a fin de evitar distorsiones.

## 1.4 COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS POLIMEROS

### 1.4.1 POLÍMEROS AMORFOS

Considerar que un polímero amorfo sea un termoplástico o un elastómero, depende de su temperatura de transición vítrea, o  $T_g$ . Esta es la temperatura por encima de la cual un polímero se vuelve blando y dúctil, y por debajo de la que se vuelve duro y quebradizo, como el vidrio. Si un polímero amorfo tiene una  $T_g$  por debajo de la temperatura ambiente, será un elastómero, porque es blando y elástico a temperatura ambiente. Si un polímero amorfo tiene una  $T_g$  por encima de la temperatura ambiente, será un termoplástico ya que a dicha temperatura es duro y quebradizo. De modo que, por regla general para los polímeros amorfos, tenemos que los elastómeros poseen

bajas  $T_g$  y los termoplásticos poseen altas  $T_g$ . (Esto sólo es aplicable para polímeros amorfos, no para polímeros cristalinos.)

#### 1.4.2 POLÍMEROS CRISTALINOS

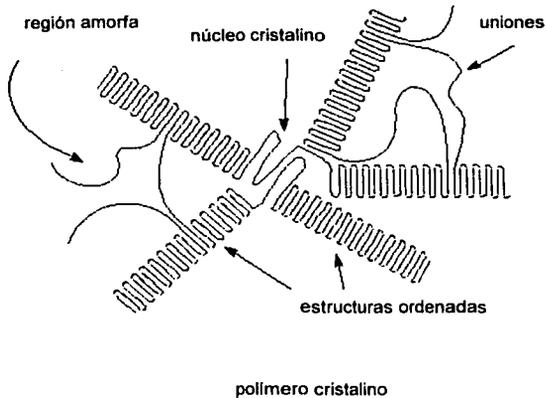


FIGURA 2 Polímero cristalino

(ARJONA,2001)

Un polímero cristalino tiene en realidad dos componentes. La porción cristalina que está en la estructura y la porción amorfa, fuera de ella. Si observamos la figura No. 2 ampliada de una lamella, veremos cómo están dispuestas las porciones cristalina y amorfa.

Entre medio de la constitución cristalina hay regiones en las que no existe ningún orden en la disposición de las cadenas poliméricas. Dichas regiones desordenadas son las porciones amorfas de las que hablábamos.

Como puede verse también en la figura 2, una única cadena polimérica puede formar parte tanto de una estructura cristalina como de una porción amorfa.

Muchos polímeros presentan una mezcla de regiones amorfas y cristalinas como en el caso de los anteriores ( cuadro 3), pero algunos son altamente cristalinos y otros son altamente amorfos.

Aquí hay algunos de los polímeros que tienden hacia dichos extremos:

CUADRO 9. Polímeros altamente cristalinos y polímeros altamente amorfos

<b>ALGUNOS POLÍMEROS ALTAMENTE CRISTALINOS</b>	<b>ALGUNOS POLÍMEROS ALTAMENTE AMORFOS</b>
Polipropileno	Poli (metil metacrilato)
Poliestireno sindiotáctico	Poliestireno atáctico
Nylon	Policarbonato
Keylar y Nomex	Poliisopropeno
Policetonas	Polibutadieno

(omega.ilce.edu.mx)

Existen dos factores importantes para determinar si un polímero es altamente amorfo ó altamente cristalino, dichos elementos son la estructura polimérica y las fuerzas intermoleculares.

Como se indica en el cuadro 9, el polipropileno y el poliestireno sindiotáctico son altamente cristalinos lo que puede ocasionar que sean un tanto quebradizos como para ser empleados como plásticos, en cambio si el polímero es amorfo, como en el caso de Poliestireno atáctico tiene la habilidad de plegarse sin romperse.

## **1.5 TECNOLOGÍA DE EMBALAJE CON PELÍCULAS**

### **1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS**

La integridad de los productos, desde su fabricación hasta su consumo, está directamente relacionada con la eficiencia y resistencia del sistema y/o material utilizado para su embalaje. Entre las principales funciones, un embalaje debe cumplir tres requisitos básicos:

- o Debe tener propiedades de barrera al oxígeno (de pérdida o asimilación), vapor de agua, vapores orgánicos para evitar que alteren física y químicamente al producto.
- o Debe presentar una resistencia mecánica adecuada, que resista todas las etapas por las que atraviesa el proceso desde la fabricación, almacenamiento, transporte y distribución.
- o Debe dar integridad para asegurar el contenido del producto, impedir la contaminación microbiológica o de cualquier naturaleza y disminuir el intercambio gaseoso con el ambiente.

(VIDALES, 2001)

#### **1.5.1.1 ESPESOR ADECUADO**

El peso del bloque y una necesidad de mayor o menor estabilidad, definen el espesor adecuado para el film termocontraíble, un material sometido a menores prestaciones requiere espesores menores. También participa de la definición del espesor la apariencia deseada y las condiciones de sellado.

### **1.5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS**

Los métodos de ensayo son una parte importante del desarrollo de los materiales. Su objetivo consiste en obtener una serie de datos con respecto

a una propiedad (en este caso mecánicas), controlando las condiciones y eliminando algún tipo de factor externo.

(ARJONA, 2001)

#### 1.5.2.1 ENSAYO DE TENSIÓN

Las propiedades del ensayo de tensión constituyen la indicación más importante de la resistencia de un material. Con este ensayo se determina la fuerza necesaria para romper la pieza al estirarla y la capacidad de elongación antes de romperse.

#### 1.5.2.2 MODULO DE ELASTICIDAD

El módulo elástico es la relación entre el esfuerzo y la deformación que se produce en la región en la que ambas son infinitas; es esencialmente una medida de la rigidez del material.

#### 1.5.2.3 ENSAYO DE DUREZA

La dureza es la medida de la resistencia de un material al ser penetrado por otro.

Para la mayoría de los ensayos se emplea una carga conocida.

#### 1.5.2.4 ENSAYO DE IMPACTO

Mide la capacidad de un material para absorber la aplicación imprevista de una carga.

Por lo general, los plásticos aumentan su resistencia y se tornan más rígidos al disminuir la temperatura.

(ARJONA, 2001)

#### 1.5.2.5 COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO (ROCE)

Este coeficiente debe ser seleccionado, de acuerdo a la máquina que se utiliza y características del sistema ordenador de productos. En el caso de

multipacks que se apilan en varios pisos, en el armado de pallets, es necesario el uso de films con bajo deslizamiento. (cogas.cl,2001)

#### 1.5.2.6 TENSIÓN DE ENCOGIMIENTO

La tensión de encogimiento es la fuerza que la película ejerce cuando es liberada por el encogimiento a elevada temperatura y puede ser influenciado por las propiedades del polímero y el método de manufactura. Los films que tienen alta tensión de encogimiento son necesarios cuando se necesitan envoltorios ajustados, se debe considerar, en estos casos, el diseño estructural del embalaje. En el caso de productos colapsables o sujetos a deformaciones, se deben usar films que impriman baja tensión de encogimiento. Tensiones entre 50 y 150 psi son deseables para proveer un empaque apretado después del encogimiento y mayores cuando se requiere que la película sea parte estructural del empaque, aunque hay que tener cuidado con el control de la temperatura y el tiempo para prevenir ruptura o distorsiones.

Inicialmente, hay que asegurarse que el tipo de esfuerzo aplicado corresponde realmente a la característica del material que se quiere definir. Las principales pruebas practicadas son las siguientes:

- o De resistencia a la tracción, que permiten determinar los módulos de elasticidad, las fuerzas y alargamientos hasta el umbral de elasticidad o hasta la ruptura.
- o De resistencia a la desgarradura, lenta o rápida.
- o De resistencia a la perforación o al impacto.

Las medidas de las fuerzas de retracción permitirán calificar a las películas corromretráctiles mientras que las de elasticidad y relajación caracterizarán a las estirables. (BUREAU, 1995).

### **1.5.3 PROPIEDADES ÓPTICAS**

Las propiedades ópticas mas importantes son:

- o El brillo
- o La turbidez
- o La transmisión luminosa. Cuando el producto puede verse alterado por reacciones fotoquímicas, se exige al material de embalaje que también constituya una barrera frente a los rayos de luz

### **1.6 SISTEMAS DE EMBALAJE**

Los tipos básicos de sistemas de embalaje con films termocontraible son cuatro: sleeve wrap (Sistema con ovalo) , full over wrap (sistema totalmente sellado), full over wrap con sellado L y flow pack; siendo los dos primeros los más utilizados.

En el tipo sleeve wrap, el film se sella longitudinalmente formando un tubo, cuyos extremos se encogen, sobre los laterales del producto, después de pasar por el túnel de termocontracción, formando un ovalo a ambos lados. Este sistema requiere films con alto grado de encogimiento en una dirección (pequeño o medio en dirección transversal -TD 5 a 15 %- y máximo en dirección longitudinal - MD 60 a 70%-), siendo usado en multipacks de envases metálicos de vidrio y plásticos.

En el sistema totalmente sellado (full over wrap) todo el producto es recubierto por el film termocontraible, donde se tiene un cierre hermético, este sistema utiliza mayor cantidad de material (cerca de 15 a 25% más). Es necesario que la película tenga microperforaciones, de forma que permita la salida del aire residual entre el film y el producto, durante el proceso de encogimiento.

El sistema full over wrap con sellado L está limitado para embalajes de pequeña altura (100 mm), y requiere films con encogimiento balanceado en dos direcciones (mínimo 40 % en dirección longitudinal y más de 30 % en dirección transversal), mejores resultados se obtienen cuando la diferencia de encogimiento en ambas direcciones, es menor (30 a 40%).

Los equipos flow pack forman un tubo con sellado longitudinal, dirección por donde se introduce el producto y luego se sella en el sentido transversal, formando un pack totalmente sellado. (cogas.cl.page)

### **1.6.1 PELÍCULAS ENCOGIBLES**

Las películas encogibles al contraerse pueden lograr un empaque sin arrugas ajustado a la forma y al tamaño del producto que cubren. El porcentaje de encogimiento aumenta con la temperatura de encogimiento y puede ser controlado teóricamente por este método, pero es muy difícil en la práctica con la mayoría de las técnicas de encogimiento ya que el porcentaje de encogimiento final es determinado por el objeto que se empaca. Sin embargo la medida de esta propiedad da una idea de la cantidad de retracción que puede lograr la película. Se pueden fabricar con encogimientos diferentes tanto en la dirección longitudinal (MD) como en la transversal del rollo (TD), pero lo más usual es que tenga un encogimiento equilibrado en ambas direcciones

Las propiedades de contracción de los diferentes termoplásticos son distintas y dependen del rango de temperatura de reblandecimiento o endurecimiento del plástico y pueden ajustarse a una capacidad de contracción previamente determinable con exactitud.

El empleo de materiales encogibles es siempre oportuno cuando se trata de envolver productos de forma irregular. El proceso es también adecuado en los casos en que se trata de embalar mercancías con diversas dimensiones y formatos en sucesión irregular. Finalmente se emplea también para unir paquetes sueltos en paquetes colectivos. Aunque habrán de tolerarse los cordones de soldadura y algunas arrugas producidas en las esquinas. Existen equipos manuales y automáticos. La mayoría de los equipos de encogimiento funcionan con aire caliente (80 a 200 °C) y casi siempre son preferibles bajas temperaturas de encogimiento pues se requieren equipos

más sencillos, existe un ahorro de energía y se permite el empaque de productos sensitivos al calor.

### **1.6.2 PELÍCULAS ESTIRABLES**

Son películas muy flexibles y con una formulación que permita una fácil adherencia a las superficies lisas como el vidrio, algunos plásticos y la misma película. Además al aplicárseles una fuerza que las estire estas tienden a elongarse grandemente lo que permite lograr embalajes ajustados y apretados similares a los obtenidos con películas encogibles, pero sin utilizar calor. Este tipo de películas se obtienen a partir de diferentes materiales de plástico (PVC; LDPE, ). Los espesores más utilizados van de 18 a 30 micras. Las características de éstas películas varían según el material utilizado, aunque también en función de la técnica de extrusión utilizada para su elaboración. Los parámetros mas importantes son el grado de estirado, el espesor de la película, la tasa de recubrimiento y el número de agujeros. (BUREAU, 1995)

El empaque estirable consiste en el simple proceso de estirar la película sobre el producto a envolver permitiendo que las fuerzas elásticas en el interior de la película se adapten a la superficie del producto, con la ventaja de que por su alta adherencia requieren poco o nulo sellado. Son adecuadas para el empaque manual de alimentos tanto por su facilidad de uso, como sus propiedades de barrera a los olores, así como una mejor presentación y una mejor conservación de las propiedades de los alimentos. La formulación de estas películas es totalmente atóxica y esta aprobada para el contacto directo de los alimentos. Otro uso muy generalizado es el del empaque de grandes tarimas con el fin de agrupar múltiples paquetes en uno solo de grandes dimensiones y de más fácil manejo siempre y cuando el paquete sea rectangular o de forma regular, no es aplicable a formas irregulares.

Entre las ventajas respecto al empaque encogible es el bajo costo del proceso de empaque debido a los bajos requerimientos de energía y al equipo de menor costo; no obstante, la remoción de la película al desempacar es más difícil y no se provee de un empaque totalmente cerrado como puede ser el caso del encogible.

### **1.6.3 PELÍCULAS RETRÁCTILES**

Son películas obtenidas a partir de polietileno de baja densidad, con un espesor que oscila comúnmente entre 120 y 180 micras.

Este procedimiento exige tener en cuenta la totalidad de la paleta con la película con objeto de asegurar un buen enganche durante la operación de retracción.

El factor más crítico es la temperatura de retracción, que no debe sobrepasar un umbral máximo. (BUREAU, 1995)

### **1.6.4 POLIETILENO**

Éste es el termoplástico más usado en nuestra sociedad. Los productos hechos de polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta material de embalaje.

Se trata de un plástico barato que puede moldearse a casi cualquier forma, extruirse para hacer fibras o soplar para formar películas delgadas.

Según la tecnología que se emplee, se pueden obtener dos tipos de polietileno: el de baja densidad y el de alta densidad.

(colombiapack.com,2002)

## **1.6.5 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)**

Dependiendo del catalizador, este polímero se fabrica de dos maneras: a alta presión o a baja presión. En el primer caso se emplean los llamados iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno. El producto obtenido es el polietileno de baja densidad ramificado, conocido como LDPE. El polietileno de baja densidad tiene propiedades útiles de encogimiento cuando es expuesto a alta temperatura durante un período de tiempo.

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión se emplean catalizadores tipo Ziegler Natta y se usa el buteno-1 como monómero. De esta forma es como se obtiene el propileno de baja densidad lineal (LDPE), que posee características muy particulares, entre las que se cuenta la de poder hacer películas más delgadas y resistentes. Son muy útiles en la fabricación de pañales desechables, por ejemplo. Ambos tipos de polímeros sirven para hacer películas, hojas, moldeo por inyección, papel, y recubrimientos de cables y alambres.

Las películas de polietileno se utilizan en láminas termoencogibles para cajas de bebidas en lata o botellas de refrescos.

El embalaje con Polietileno de baja densidad es de bajo costo y, a la vez, de gran estabilidad y resistencia. Ofrece protección al producto sin ocultarlo a la vista, si es necesario un almacenamiento a la intemperie durante varios meses, es posible darle además propiedades de protección ultravioleta. (colombiapack.com)

El consumo de este material durante el año 2000 fue de 870 (miles de toneladas), representando un 27% del total de los principales plásticos utilizados; destinando un 70% para la fabricación de envase y embalaje (ver cuadros 4 y 5).

## **1.6.6 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)**

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión y en presencia de catalizadores ZieglerNatta, se obtiene el polietileno de alta densidad (HDPE).

La principal diferencia entre el LDPE y el HDPE es que el primero es más flexible debido a que la cadena polimérica tiene numerosas ramificaciones con dos o cuatro átomos de carbono, mientras que en el HDPE las cadenas que lo constituyen casi no tienen cadenas laterales lo que les permite estar más empacadas y por lo tanto el polímero es más rígido.

Las tuberías fabricadas con este material son flexibles, fuertes y resistentes a la corrosión, por lo que se utilizan ante todo para transportar productos corrosivos y abrasivos. También se usan en la perforación y transporte de petróleo crudo.

El polietileno en fibras muy finas interconectadas entre sí y formando una red continua sirve para hacer cubiertas de libros y carpetas, tapices para muros, etiquetas, batas de laboratorio, mandiles, y forros de sacos para dormir.

La mayor aplicación del Polietileno de alta densidad es para artículos del hogar, debido a su estabilidad de forma, seguido por envases industriales y en tercer lugar de envases de alimentos, farmacéuticos y líquidos; sólo el 1 % se utiliza para plásticos transparentes, como efecto de su alta rigidez, además que es un material fácilmente rasgable.

El consumo de este material durante el año 2000 fue de 658 (miles de toneladas), representando un 20% del total de los principales plásticos utilizados; destinando un 41% para la industria del envase y embalaje (ver cuadros 4 y 5).

Las características del polietileno se pueden resumir así: bajo costo, facilidad de elaboración, tenacidad y flexibilidad aún a bajas temperaturas, no tiene olor, y no es tóxico, transparencia. Además el polietileno es un óptimo aislante eléctrico.

## 1.6.7 POLIPROPILENO

El polipropileno se produce desde hace más de veinte años, pero su aplicación como un excelente termoplástico data de los últimos diez años.

Este retraso se debió a la falta de una producción directa del propileno, pues éste siempre fue un subproducto de las refinerías o de las operaciones de desintegración del etano o de cargas más pesadas en la fabricación de etileno.

Como el polipropileno tiene un grupo metilo (CH<sub>3</sub>) más que el etileno en su molécula, cuando se polimeriza, las cadenas formadas dependiendo de la posición del grupo metilo pueden tomar cualquiera de las tres estructuras siguientes:

1. Isotáctico, cuando los grupos metilo unidos a la cadena están en un mismo lado del plano.
2. Sindiotáctico, cuando los metilos están distribuidos en forma alternada en la cadena.
3. Atáctico, cuando los metilos se distribuyen al azar.

El punto decisivo para la producción industrial del polipropileno fue el descubrimiento de Natta; desarrolló un catalizador tipo Ziegler que produce polímeros predominantemente isotácticos.

Este polímero posee una alta cristalinidad, por lo que sus cadenas quedan bien empacadas y producen resinas de alta calidad.

Propiedades y usos del polipropileno

Las propiedades del polipropileno comercial varían de acuerdo al porcentaje de polímero isotáctico cristalino y del grado de polimerización.

El polipropileno cristalino tiene un punto de fusión de 170°C, por lo que se usa para elaborar bolsas que se pueden meter al horno, permitiendo cocinar los alimentos sin que pierdan sus jugos. Los artículos hechos con

polipropileno tienen una buena resistencia térmica y eléctrica además de baja absorción de humedad.

Otras propiedades importantes del polipropileno son su dureza, alta resistencia a la abrasión y al impacto, excelente transparencia, y que no es tóxico.

El moldeo por inyección consume el 40% de la producción. Los artículos fabricados con esta técnica pueden ser partes de aparatos eléctricos, juguetes, maletas, tapas de botellas, jeringas.

Debido a su ligereza y dureza, el polipropileno se usa mucho en la industria automotriz. Se emplea en la fabricación de adornos interiores, revestimiento de los guardafangos, bastidores del aire acondicionado y de la calefacción, ductos y en las cajas de los acumuladores.

El 30-35% del polipropileno se usa en la industria textil. Estas fibras de bajo costo y excelentes propiedades compiten con el yute y el henequén, y sirven para tapicería, ropa interior y ropa deportiva, alfombras, y cables para uso marítimo.

En el mercado de las películas, este polímero compite con el celofán y se utiliza principalmente en envolturas de cigarros, galletas, empleos agrícolas y embalajes alimenticios. Las mejoras en el campo del polipropileno incluyen el nuevo material hecho por copolimerización del etilenopropileno.

## **1.6.8 POLIESTIRENO Y COPOLÍMEROS DE ESTIRENO**

El poliestireno (PS) es el tercer termoplástico de mayor uso debido a sus propiedades y a la facilidad de su fabricación.

El PS posee baja densidad, estabilidad térmica, y bajo costo. Sin embargo algunas de sus propiedades físicas pueden ser desfavorables, como el

hecho de ser rígido y quebradizo. Estas desventajas pueden remediarse copolimerizando el estireno con otros monómeros y polímeros.

Así por ejemplo, cuando se copolimeriza el estireno con el acrilonitrilo (SAN), el polímero resultante tiene alta resistencia a la tensión. El poliestireno es una resina clara y transparente con un amplio rango de puntos de fusión. Fluye fácilmente, lo que favorece su uso en el moldeo por inyección.

Posee buenas propiedades eléctricas que lo hacen apropiado para aplicaciones electrónicas. El PS absorbe poca agua, lo que permite que sea un buen aislante eléctrico. Tiene una resistencia moderada a los productos químicos, pero es atacado por los hidrocarburos aromáticos y los clorados.

Esta resina se comercializa en tres diferentes formas y calidades: El primer tipo, denominado de uso común o cristal, encuentra sus principales aplicaciones en los mercados de inyección y moldeo.

El segundo tipo corresponde al poliestireno de impacto (alto, medio y bajo) que sustituye al de uso general cuando se desea mayor resistencia. Éste se utiliza también en los mercados de moldeo para la fabricación de aparatos del hogar, accesorios eléctricos, empaque, juguetes y muebles.

Finalmente, el tipo expandible se emplea en la fabricación de espuma de poliestireno que, a su vez, se utiliza en la producción de accesorios para la industria de envase y embalaje y aislamientos.

En 1983, la producción de poliestireno en México, según los diferentes tipos, fue la siguiente: impacto, 52%; cristal, 35%; expandible, 13%.

Los usos más comunes del poliestireno en México son los siguientes:

**Poliestireno de medio impacto:** Envases desechables (vasos, cubiertos, platos), empaques, juguetes.

**Poliestireno de alto impacto:** Productos domésticos (radios, televisores, tableros internos de refrigeradores, licuadoras, batidoras, lavadoras, etc.), tacones para zapatos, juguetes.

Poliestireno cristal: piezas moldeadas para cassettes, envases desechables, juguetes, artículos electrodomésticos, difusores de luz, plafones.

Poliestireno expandible: envases térmicos, embalaje, construcción (aislamientos, tableros de cancelería, plafones, casetones, etc.). (CALLISTER, 1995).

## 1.7 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES

En el cuadro 10, se muestra un listado de las películas comúnmente utilizados para el embalaje de botellas de PET, sus propiedades, ejemplos de aplicación, su nombre comercial y su temperatura de uso permanente que son datos fundamentales en la selección y elección de materiales para el embalaje de botellas de PET.

CUADRO 10 Comparación de propiedades entre las diferentes películas

PELICULA	NOMBRE COMERCIAL	PROPIEDADES GENERALES DEL PRODUCTO ACABADO	EJEMPLOS DE APLICACION	TEMPERATURA DE USO PERMANENTE
Poliestireno	Polystyrol EF; Vestyron 540, 550,551,560,570,571.	Alta rigidez, buenas propiedades dieléctricas, resistente al choque, duro y tenaz. Poca tendencia a la corrosión por tensiones. Inspido e inodoro.	Cajas de teléfono, puertas y piezas para neveras, cubiertos, vasos, juguetes y embalajes.	Máxima 60-70 °C.

Continuación del cuadro 10

PELICULA	NOMBRE COMERCIAL	PROPIEDADES GENERALES	USOS	TEMPERATURA
Polietileno de baja densidad.	Lupolen H; Trolen 200	Alta flexibilidad, buena resistencia térmica; baja dureza superficial. Muy buenas propiedades dieléctricas. Insípido e inodoro.	Recipientes domésticos; juguetes, flores artificiales, recipientes de embalaje, frascos flexibles.	Máxima 85-95 °C.
Polietileno de alta densidad	Hostalen; Vestolen A	Alta rigidez, estabilidad a la temperatura y estabilidad de forma; buena dureza superficial; destacadas propiedades dieléctricas. Insípido e inodoro	Utensilios domésticos; juguetes, botellas; recipientes de transporte, aparatos médicos.	Máxima 105 °C.

PELICULA	NOMBRE COMERCIAL	PROPIEDADES GENERALES DEL PRODUCTO ACABADO	EJEMPLOS DE APLICACION	TEMPERATURA DE RESISTENCIA O PERMANENCIA
Polipropileno	Hostalen PPH; Luparen; Vestolen P	Elevada estabilidad de forma al calor, resistencia a la tracción y al choque, rigidez. Sin tendencia a la corrosión por tensiones. Sin absorción de agua..	Recipientes y objetos de uso, juguetes, películas plásticas, tacones para zapatos.	Máxima 120-130 °C. Se hace quebradizo a temperaturas inferiores a 0 °C

(MORTON-JONES,1993)

Como podemos apreciar, todos tienen con escasa diferencia, las mismas propiedades y los mismos usos, lo único que cambia es la temperatura en la cuál no se perjudican las características de éstas películas, pues el que menos soporta temperatura es el Poliestireno antichoque y el que puede tolerar una temperatura mas alta es el Polipropileno habiendo una diferencia de 60 °C, el doble de lo que puede resistir la primer película.

## **CAPÍTULO II: PLANEACIÓN METODOLÓGICA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLÓGICO**

#### **Objetivo General**

Determinación de materiales de plástico termoencogible para el embalaje de botellas de PET 1 L en 12 PACK en base a su temperatura de encogimiento.

#### **Objetivo Particular 1**

Considerar el sistema de embalaje de botellas de PET, con referencia a los materiales de plástico termoencogible para la selección del material.

Se hizo una recopilación de los antecedentes de los polímeros, quienes nos introducen a la tecnología de éstos, comprendiendo referencias de su clasificación, propiedades y comportamiento, así como la relación de los procesos incluidos en el embalaje de botellas de PET 1 l.

#### **Objetivo Particular 2**

Seleccionar el sistema de embalaje de botellas de PET en 12 PACK en relación a la Temperatura de Encogimiento de los materiales.

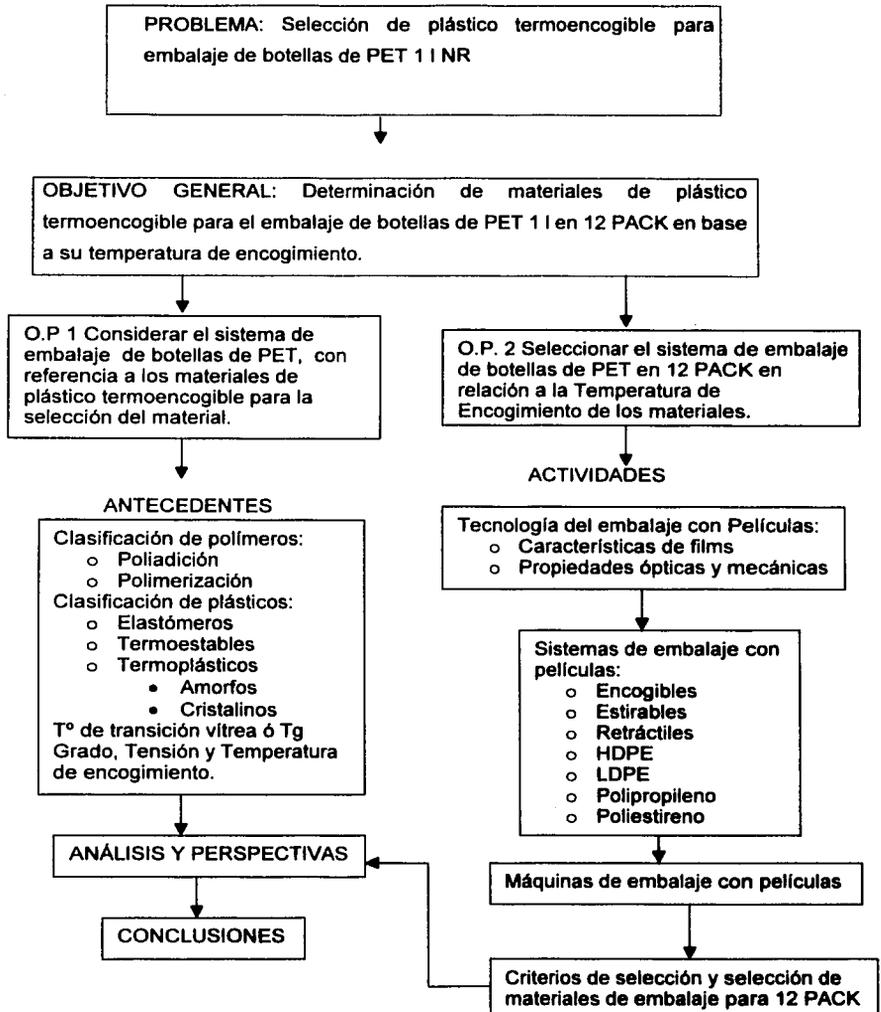
La investigación contiene la recopilación de información relacionada a los procesos de embalaje con películas plásticas y se toman en consideración algunas de las cuales son utilizadas principalmente en el embalaje de botellas de PET, asumiendo parámetros de referencia como el espesor, propiedades ópticas – el brillo, la turbidez, la transmisión luminosa -, propiedades mecánicas – resistencia a la tracción, resistencia a la rasgadura, de resistencia a la perforación, al impacto -, coeficiente de deslizamiento y tensión de encogimiento. Todo lo anterior con respecto a las

características propias de estos materiales, pero en lo que se refiere a los tipos de películas se especificaron cada una de las películas plásticas a tomar en consideración para la selección final antecediendo a éstas los conceptos de películas encogibles, películas estirables y películas retráctiles.

Finalmente, se hace una selección de las máquinas a utilizar contemplando el tipo de película y el sistema de embalaje elegido.

De manera directa, los criterios de selección de embalaje de botellas de PET, engloban todas aquellas funciones y necesidades con un enfoque hacia el uso de sistemas y/o tecnologías apropiadas y necesarias en un producto y presentación que mantenga una buena calidad del mismo y que convenga a los intereses propios del industrial, además logrando con esto, la evolución cada vez más acelerada de la industria del envase y embalaje.

## 2.2 CUADRO METODOLÓGICO



### CAPITULO III: ASPECTOS DE LA TECNOLOGÍA DE EMBALAJE CON PELÍCULAS

#### 3.1 ALGUNAS PELÍCULAS DE EMBALAJE Y SUS CARACTERÍSTICAS

##### 3.1.1 PELÍCULAS ENCOGIBLES.

Los materiales con memoria termoplástica que tienden a contraerse al aplicárseles calor son la base del método de embalaje encogible.

Este tipo de material, cuando es suministrado, se ajusta a lo requerido por su empaque obteniendo variar sus características para darle la rigidez, plasticidad, color u otras características deseadas.

Existen 3 formas básicas de presentación:

- o PELÍCULA PLANA

Esta película es generalmente utilizada en maquinas de envase o embalaje automático. Consiste en una sola hoja de película. En el cuadro 11 se presentan las características de la película plana, como es el ancho, el espesor y el grado de encogimiento.

CUADRO 11. Rangos de fabricación de película plana

ANCHO (cm)	ESPESOR (x10 <sup>3</sup> )	ENCOGIMIENTO %
50 a 90	50 a 250	D/T 5 a 50 D/M 5 a 50

(epmmail, 2002)

D/T Dirección transversal

D/M Dirección longitudinal

o PELÍCULA DOBLADA A LA MITAD.

Es la presentación más comúnmente utilizada. Facilita la envoltura de productos por medio de selladoras en escuadra, obteniendo empaques completamente cerrados.

En el cuadro 12, se muestra igualmente, el ancho, el espesor y el grado de encogimiento.

CUADRO 12. Rangos de fabricación de película doblada a la mitad.

ANCHO (cm)	ESPESOR $1 \times 10^{-3}$	ENCOGIMIENTO %
50/10 a 90/180	50 a 250	D/T 5 a 50 D/M 5 a 50

(epmmail, 2002)

Relacionando los cuadros 11 y 12; hay una similitud en el espesor y en el grado de encogimiento, sólo que en ésta película, se puede manejar un ancho doblemente mayor que en el caso anterior.

o PELÍCULA TUBULAR

Utilizada como banda de garantía o fajilla. Se obtienen embalajes que envuelven al producto dejando aberturas laterales.

CUADRO 13. Rangos de fabricación de película tubular

ANCHO (cm)	ESPESOR $1 \times 10^{-3}$
15 a 90	100 a 250 en anchos <25 50 a 250 en anchos >25

(epmmail, 2002)

En el caso del cuadro 13, sólo se presenta el ancho y el espesor, sin embargo, muestra un espesor más específico para los anchos mayores o menores a 25 cm..

### 3.1.2 FILM DE POLIETILENO COEXTRUIDO CINCO CAPAS

Este film se aplica con máquina automática o semiautomática. Da estabilidad a las mercancías paletizadas facilitando su transporte y almacenaje. Protege las mercancías del polvo, el agua, la suciedad. Compacta y agrupa.

En el cuadro 14, se exponen las propiedades, espesores, anchos y forma de presentación del film de Polietileno, como puede observarse, tiene una mayúscula transparencia, máxima estabilidad, se manejan múltiples espesores, y se utilizan 46 cajas por Palets.

CUADRO 14. Propiedades, presentación y espesores del film de Polietileno

PROPIEDADES	ESPEORES Y ANCHOS	CALIDADES	PRESENTACIÓN
Máxima estabilidad, alto rendimiento. Adhesividad de su cara interna. Elevado brillo y máxima transparencia.	17,20,23,30,35 y 50 micras. 500 y 250 mm.	Estándar Alto preestiro	Palets con 46

(cogas.cl, 2002)

### 3.1.3 FILM ALVEOLAR DE PE

En el cuadro 15, se presentan propiedades, espesores y presentación, en ambos casos (cuadro anterior y actual) las principales propiedades son

distinguidas, en este punto, dicho film tiene una máxima resistencia y protección y unos rollos de embalaje de 150 m de longitud.

Es de protección eficaz contra golpes y rasgaduras.

CUADRO 15. Propiedades, presentaciones y espesores de film alveolar.

PROPIEDADES	ESPESORES	PRESENTACION
Máxima resistencia y protección.	1000, 1200 y 1600 mm.	Rollos de 150 m.

(cogas.cl.2002)

### 3.1.4 FILM PARA PALETIZAR DE POLIETILENO

Este film (cuadro 16) tiene un índice de preestiro de 220 % y un embalaje de 54 cajas por Palet, como es un film manual puede variar la presentación dependiendo del operador que lo realice, pero en general se siguen los mismo patrones de embalado.

CUADRO 16. Color, diámetro, presentación de film manual estirable.

ANCHO BOBINA	DIÁMETRO POR BOBINA	METRO LINEAL POR BOBINA	COLOR	ÍNDICE DE ESTIRO	PRESENTACION	
50 cm	10 cm	250 m	Neutro	220 %	6	54

(cogas.cl. 2002)

### 3.1.5 FILM MANUAL ESTIRABLE DE POLIETILENO

Este film (cuadro 17) tiene las mismas características que el anterior, sólo que es de 20 m menos de longitud, en este caso, el tiempo efectivo de embalaje sería menor que en el caso del film anterior.

CUADRO 17. Color, diámetro, presentación de film manual estirable.

ANCHO BOBINA	DIÁMETRO POR BOBINA	METRO LINEAL POR BOBINA	COLOR	ÍNDICE DE PRE-ESTIRO	BOBINAS POR CAJA	CAJAS POR PALETE
50 cm	10 cm	230 m	Neutro	220 %	6	54

(cogas.cl,2002)

### 3.1.6 FILM AUTOMÁTICO ESTIRABLE DE POLIETILENO

Este film debido a que es automático, tiene mayor extensión lineal, un menor porcentaje de preestiro debido a que las fuerzas que se le aplican son mayores a las de cualquier operador por lo que puede tener un estiramiento menor. Cubre una mayor superficie de embalaje, suponiendo que la velocidad del mismo es mayor que si fuera manual. En el cuadro 18 se señalan las principales características de este film.

CUADRO 18. Color, diámetro, presentación de film automático estirable

ANCHO BOBINA	DIÁMETRO POR BOBINA	METROS LINEALES POR BOBINA	COLOR	ÍNDICE DE PRE-ESTIRO	BOBINAS POR PALETE
50 cm	23 cm	150	Neutro	200 %	40

(cogas.cl, 2002)

### 3.2 MAQUINAS DE EMBALAJE

Una máquina de embalar se puede utilizar:

- o para hacer paquetes o reagrupar los productos ya embalados, de forma que la película constituye entonces un embalaje de transporte, o bien

- o para proteger mecánicamente a los productos individuales de las tensiones exteriores asociadas al transporte almacenamiento y compra.

Los productos a embalar deben tener una forma bien definida.(BUREAU,1995)

Para la selección de éstas máquinas se tomaran en consideración los films que fueron anteriormente descritos.

A continuación se muestran los dispositivos para el embalaje de botellas de PET 1 l, 12 PACK y sus características:

**MAQUINA ENFARDADORA SEMIAUTOMÁTICA CON FILM EXTENSIBLE**

**MODELO AUTOCUBRE PALETS WM-63**

**MODELO AUTOCUBRE PALETS WM-55**

**MODELO SEMIAUTOMÁTICO DE PLATAFORMA GIRATORIA**

**MODELO WM-23**

### **3.2.1 MÁQUINA EMBALADORA SEMIAUTOMÁTICA CON FILM EXTENSIBLE**

Este film se presenta con equipo estándar incluido.

- o Diseño del chasis tubular de forma que permite la carga y descarga directa tanto por la parte anterior como posterior mediante carretilla elevadora.

- o Regulación de la velocidad de la plataforma a través de un convertidor de frecuencia con regulación de aceleración y desaceleración separada para el ciclo arranque y parada suave.
- o Regulación del carro de pre-estiraje a través de convertidor de frecuencia con regulación de la velocidad de subida y bajada regulable e independiente.
- o Parada de la plataforma siempre en la misma posición.
- o F fotocélula de lectura doble automática de la altura del Palet de máxima calidad.
- o Cuadro de mandos gestionado por alimentación, con visualización sobre el display de los valores programados y de los ciclos pre-programados.
- o Lista de códigos de las anomalías
- o Tensión de alimentación: 230 V 1 HO 50/60 Hz.

(tcorp.com,2002)

#### CICLO DE EMBALAJE PRE-PROGRAMADO DESDE EL CUADRO DE MANDOS.

- o Ciclo completo con velocidad de subida y bajada separada, regulable e independiente.
- o Ciclo sólo subida a sólo bajada.
- o Ciclo con parada-espera del carro de Pre-estiraje para permitir la correcta ubicación del film en la parte superior del Palet antes de iniciar la bajada.
- o Ciclo de embalado de refuerzo
- o Ciclo completo a una altura pre-programada con exclusión de la fotocélula en el caso de productos no reflectantes (negro por ejemplo).

(tcorp.com, 2002)

El cuadro 19 comprende los datos técnicos de la máquina embaladora mencionada en este subcapítulo, la cual tiene características semiautomáticas, pero que garantiza un buen embalado.

Puede realizar un embalado adicional, si es que el producto lo requiere.

CUADRO 19: Datos técnicos de máquina embaladora semiautomática con film extensible

DIÁMETRO PLATAFORMA RODANTE	DIMENSIÓN MÁXIMA DEL PALETA EMBALAR	PESO MÁXIMO DE CARGA A EMBALAR	ALTURA DE EMBALADO DE CARGA
1650 mm	1000 a 1200 mm	2,250 Kg.	2000 mm.

(tcorp.in.com,2002)

### 3.2.2 MODELO AUTO CUBRE PALETS WM-63

Este modelo tiene también equipo estándar incluido.

- o Estructura principal construida en acero tubular, barnizado con pintura antioxidante y pintura plásticas de alta resistencia.
- o Anillo construido en aluminio de alta resistencia.
- o Sistema de pre-estiraje regulable 0-350%
- o Regulación electrónica de la velocidad de rotación.
- o Sistema de medida de la altura del Palet automático.
- o Contador programable del número de vueltas de embalado en la parte superior y en la parte inferior de los productos paletizados.
- o Dispositivo de centrado automático del Palet en posición de embalado.
- o Dispositivo de regulación del film estirable directamente desde el cuadro de mandos.
- o Dispositivo luminoso de aviso de rotura durante el ciclo de embalado.
- o Cuadro de mandos PLC, MOD. Siemens
- o Cuadro de mandos construido según las normativas de seguridad.

(tcorp.in.com, 2002)

En el cuadro 20 se presentan los datos técnicos; éste modelo es automático y presenta más características que el anterior; puede medir la altura de la

carga, el número de vueltas; tiene menos capacidad de carga que el anterior, la misma dimensión de los palets y puede embalar la misma altura.

**CUADRO 20:** Datos técnicos de máquina auto cubre palets

DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS PALETS	ALTURA ESTÁNDAR DEL PALET	CAPACIDAD MÁXIMA	CAPACIDAD PRODUCTIVA	ALTURA MÁXIMA DEL PALET
1000 y 1200 mm	2000 mm	2000 Kg	120 Palets/hora	500 mm

(tcorpin.com, 2002)

### 3.2.3 MODELO AUTOCUBRE PALETS WM-55

Equipo estándar incluido:

- o Sistema de arranque progresivo del brazo giratorio.
- o Regulación electrónica de la velocidad de rotación
- o Sistema de medida de la altura del Palet automático
- o Contador programable del número de vueltas de embalado en la parte superior y en la parte inferior de los productos paletizados.
- o Dispositivo de centrado automático del Palet en posición de embalaje.
- o Dispositivo de regulación del film estirable directamente desde el cuadro de mandos.
- o Dispositivo luminoso de aviso de rotura del plástico estirable durante el ciclo de embalado.
- o Cuadro de mandos PLC, MOD. Siemens
- o Cuadro de mandos construido según las normativas de seguridad.

(tcorpin.com, 2002)

El cuadro 21 muestra los datos técnicos de la máquina auto cubre palets WM-55; en este caso, es para un embalado de menor altura, de la misma capacidad en kilogramos, sólo que tiene menos capacidad productiva;

además tiene una dimensión adicional que se puede adecuar al tipo de producto o presentación.

CUADRO 21: Datos técnicos de máquina auto cubre palets wm-55

DIMENSIONES ESTÁNDAR DE LOS PALETS	ALTURA ESTÁNDAR DEL PALET	CAPACIDAD MÁXIMA	CAPACIDAD PRODUCTIVA	ALTEZA DE LA CARRILERA NOMINAL
1000 x 1200 mm y 800x1200 mm	1400 mm	2000 Kg	80 Palets/hr.	400 mm

(tcorpín.com, 2002)

### 3.2.4 MODELO ECOPACK

Equipo estándar incluido.

- o Fococélula de detección de la altura del Palet incluida
- o Programa de subida y bajada incluido
- o Programa número de vueltas arriba/abajo incluido
- o Cuadro de mandos gestionado por microprocesadores con visualización.
- o Corriente de la embaladora estándar : 380 V, 50 Hz, Trifásica
- o Cuadro de mandos construido según las normativas de seguridad.

(tcorpín.com, 2002)

El cuadro 22 contiene los dato técnicos del modelo ecopack.

CUADRO 22: Datos técnicos de modelo ecopak

ALTURA ÚTIL DE ENFARDADO	DIÁMETRO DE LA PLATAFORMA	
2000 mm	1500 mm	1500 Kg.

(tcorpín.com, 2002)

### 3.2.5 MODELO WM-23

Equipo estándar incluido:

- o Dispositivo de pinzas-corte cepillo que permite efectuar un ciclo de embalaje completamente automático.
- o Fococélula de detección automática de la altura de la carga y la consiguiente altura de flejado.
- o El número de vueltas de flejado es programable tanto en la parte superior como en la inferior de la carga.
- o La velocidad de rotación esta controlada por un inverter que permite una salida progresiva y un alto gradual de la plataforma rotante, eso permite no separar la carga durante el embalaje. (tcorp.in.com, 2002)

CUADRO 23: Datos técnicos modelo wm-23

CAPACIDAD PRODUCTIVA	POTENCIA INSTALADA	CONSUMO DE AIRE	VELOCIDAD DE ROTACIÓN MÁXIMA	VELOCIDAD SUBYACENTE DEL ROLLO	TENSIÓN ALIMENTAR
60 Palets 2500 Kg Max.	2.5 Kw	10 L/min	21 giros/min.	8.8 M/min.	24 V CA

(tcorp.in.com, 2002)

De las anteriores máquinas para embalar, una será la seleccionada para el embalaje de botellas de PET 1 l.

### 3.2.6 CARGAS PALETIZADAS

Una carga paletizada representa un conjunto constituido por una base sobre la cual se apilan los embalajes, así como los medios de cohesión eventualmente utilizados para hacer el conjunto homogéneo (películas, ataduras, pegamentos, etc.) Este conjunto constituye un embalaje que facilita la carga y descarga y reduce los costos de manejo. ( ejemplo: figura 3)

La paleta puede ser desechable o reutilizable:

**Paletas desechables:** En la actualidad se realizan con madera, cartón alveolar, aglomerado, sin que exista para estos productos especificaciones generales. Aunque no existen parámetros dimensionales obligatorios, es interesante que se aproxime a las utilizadas clásicamente: 800 x 1200 cm y 1000 x 1200 cm.

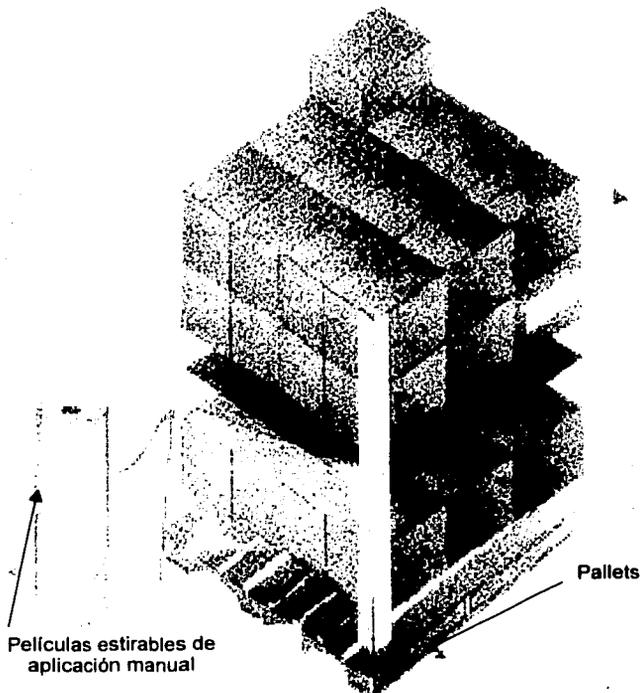


FIGURA 3 Empleado con películas plásticas

Paletas de uso general o reutilizables: Existen en este campo normas dimensionales, las normas AFNOR (empleado.com, 2002), que fijan las normas de construcción y las dimensiones a respetar con respecto a las aberturas y a las superficies: Sin embargo, existen múltiples variantes en el modo de realización.

### **3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES DE EMBALAJE**

La integridad de los productos, desde su fabricación hasta su consumo, está directamente relacionada con la eficiencia y resistencia del sistema y/o material utilizado para su embalaje. Entre las principales funciones, un embalaje debe cumplir tres requisitos básicos.

Debe tener propiedades de barrera al oxígeno, vapor de agua, vapores orgánicos para evitar que alteren física y químicamente al producto.

Debe presentar una resistencia mecánica adecuada, que resista todas las etapas por las que atraviesa el proceso desde la fabricación, almacenamiento, transporte y distribución.

Debe dar integridad para asegurar el contenido del producto, impedir la contaminación microbiológica o de cualquier naturaleza y disminuir el intercambio gaseoso con el ambiente.

Los materiales plásticos destinados a envases y embalajes deben presentar las siguientes propiedades o características:

- **Baja densidad:** supone bajo peso específico y ello implica costes razonables para el transporte y distribución
- **Flexibilidad:** soportan grandes esfuerzos sin llegar a fractura, recobrando algunos sus dimensiones originales.
- **Resistencia a la fatiga:** algunos plásticos resisten esfuerzos dinámicos severos.
- **Bajo coeficiente de fricción:** eliminando el uso de lubricantes en determinadas aplicaciones.

- **Baja conductividad térmica:** que puede ser positivo a la hora de controlar las variaciones de las temperaturas exteriores.
- **Resistencia a la corrosión:** producida por la humedad, oxígeno, ácidos débiles o soluciones salinas.
- **Resistencia al impacto:** especialmente cuando se le ha mejorado con la incorporación de determinados aditivos.
- **Propiedades ópticas:** existen plásticos transparentes, translúcidos y opacos, que se obtienen mediante la adición de pigmentos o colorantes.
- **Integración del diseño:** los procesos de producción del plástico permiten una gran versatilidad.
- **Economía:** la materia prima necesaria para su fabricación es relativamente barata.
- **Higiene:** un diseño adecuado en cuanto a materias primas y hermeticidad lo convierten en altamente higiénico.
- **Seguridad:** no suele plantear problemas de cortes u otras lesiones para el consumidor.

### **3.3.1 SELECCIÓN DE EL MATERIAL DE EMBALAJE PARA PET 1 lt EN 12 PACK.**

Tomando en consideración los criterios de selección, los cuadros 8 y 10, los subcapítulos 1.3.4, hasta el 1.7, reiniciando con los puntos del 3.1.1 al 3.1.9, se seleccionará el film para embalar botellas de PET 1 l en 12 Pack.

Los criterios de selección que se tomarán en cuenta serán:

Dos de los tres requisitos básicos :

- o Debe presentar una resistencia mecánica adecuada, que resista todas las etapas por las que atraviesa el proceso desde la fabricación, almacenamiento, transporte y distribución. – Esto se cumpliría a partir del almacenamiento del producto, pues cuando se embla ya es producto terminado.
- o Debe dar integridad para asegurar el contenido del producto, impedir la contaminación microbiológica o de cualquier naturaleza y disminuir el intercambio gaseoso con el ambiente. – Este se tomaría en cuenta en su totalidad, se necesita dar una protección al producto además de que es necesario mantener el producto sin contacto con el medio ambiente.

Analizando el cuadro 10, todos los materiales (Polietileno de baja y alta densidad, Polipropileno y Poliestireno) pueden ser utilizados para embalaje, tienen propiedades similares y en cuanto a su temperatura de uso no perjudicial soportan temperaturas mucho mayores a la ambiente. Sin embargo, en el caso del embalaje para botellas de PET se requieren de materiales flexibles, tal es el caso del Polietileno de baja densidad que además tiene buena resistencia térmica y una mínima dureza.

Retomando el cuadro 8, éstas películas tienen una temperatura de transición vítrea desordenada pues va desde los  $-120^{\circ}\text{C}$  en el caso de los Polietilenos (alta y baja densidad) hasta los  $125^{\circ}\text{C}$  en cuestión del Poliestireno; es conocido que los Polímeros termocontraíbles más adecuados son aquellos que tienen un rango de temperatura de encogimiento amplio; generalmente se prefieren los que contraen a baja temperatura ya que no afectan a los productos sensibles al calor. La temperatura de fusión en cualquiera de los plásticos es extremadamente alta, la que nunca se alcanzará en el ambiente y que evidentemente las condiciones de almacenamiento a las que se tienen los embalajes son generalmente a temperatura del medio o por debajo de ella. Los materiales que tienen un rango más amplio entre la temperatura de fusión y de transición vítrea, son los Polietilenos de alta y baja densidad; así que tomando en cuenta ésta medida se trabajará con los dos.

De los criterios de selección presentados en 3.3, sólo se tomaron en cuenta los siguientes:

- Flexibilidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a la corrosión
- Propiedades ópticas
- Integración del diseño
- Seguridad

Con respecto a la flexibilidad, el polietileno de baja densidad presenta mayor flexibilidad y el de alta una mayor rigidez por lo que para nuestro objetivo de embalar es mejor un material con más flexibilidad, los dos son resistentes a la corrosión. En relación a las propiedades ópticas, los dos son transparentes, por lo que se pueden acoplar a la necesidad de embalaje. Ambos materiales tienen una gran versatilidad, por lo que se puede disponer de ellos para el embalaje anteriormente descrito. Uno y otro mantienen la seguridad tanto del productor como del consumidor ya que no suele plantear problemas de lesiones, sólo se ocupa como protección.

Ya es conocido en líneas anteriores que la película seleccionada es la de polietileno de baja densidad; entre otros aspectos, porque a más densidad, es más rígido (menos flexible) y más duro; pero al mismo tiempo disminuye su resistencia al impacto. De manera siguiente hay que elegir entre las diferentes películas que se presentan en los puntos 3.1.2 al 3.1.6. Comparando entre los films, se elige el PE COEXTRUIDO CINCO CAPAS, ya que según sus características da estabilidad a los productos paletizados facilitando su almacenaje, es protector del producto y se puede aplicar en máquinas automáticas o semiautomáticas, aunado a que tiene máxima estirabilidad, alto rendimiento, un elevado brillo y máxima transparencia.

La máquina que se selecciona para embalar con el film de polietileno es el MODELO AUTOCUBRE PALETS WM-63, ésta máquina se puede acoplar a las medidas que se necesiten para el proceso de embalar cierto producto, en este caso, para PET 1 l en 12 Pack, una altura estándar del palet de 2 m y una capacidad de 2000 Kg; así mismo, una capacidad productiva de 120 palets/hora, un volumen de producción mayor que las demás máquinas, al igual que una altura mínima mayor que en los otros casos. Además se emplea de manera automática asegurando que el proceso de embalaje sea de manera más rápida.

CUADRO 24 Material y máquina de embalaje seleccionados

<b>MATERIAL DE EMBALAJE SELECCIONADO</b>	<b>MÁQUINA DE EMBALAJE SELECCIONADA</b>
Polietileno de baja densidad: PE coextruido cinco capas	Modelo autocubre palets WM-63,

## CONCLUSIONES

La creciente proporción de nuevos sistemas y procesos de envases y embalajes ha llevado a la creación de distintos conceptos que distan mucho de las tradicionales funciones asignadas al envase y embalaje, como las de protección, transporte y distribución.

Los sectores de máxima demanda, como el alimenticio, el químico, la cosmética, y farmacia, exigen sistemas de envase y embalaje cada vez más complejos. Un envase y embalaje debe satisfacer en el momento presente una serie de exigencias como diseño y comercialización, formas concretas y el uso de materiales determinados, economía del propio envase o embalaje, y que garantice la protección en el transporte y la distribución del propio bien. Todo ello sin olvidar los importantes aspectos ecológicos. Distintas tareas tales como la fabricación del producto, elaboración, acabado, envasado y embalado se entrelazan de forma impenetrable y se convierten en procesos complementarios unos de otros.

Cada tipo de plástico posee cualidades propias que lo hacen apto para usos específicos. Los embalajes con películas de plástico se diseñan considerando el tipo de producto y las características propias del material que se debe utilizar. El futuro de este tipo de embalaje es prometedor porque queda mucho por hacer con los nuevos materiales, los nuevos procesos de fabricación, el impacto ambiental y la creatividad.

El Polietileno de baja densidad - material seleccionado - presenta buena resistencia térmica y alta flexibilidad, además de una baja dureza; tiene una tensión de encogimiento alta necesaria para embalajes ajustados y asume un rango amplio de temperatura de encogimiento y ésta misma es baja, beneficiando en bajos costos de operación. Específicamente el film de

polietileno coextruido cinco capas es la película a utilizar, es protector del producto, se puede aplicar en cualquier tipo de máquina, ya sea automática o semiautomática, da una mayor estabilidad a la mercancía paletizada, además que tiene un elevado brillo, máxima transparencia y estirabilidad. La máquina para embalar con este film se puede ajustar a las medidas que sean necesarias para un artículo como bebida en botellas de PET 1 L NR, el proceso de embalaje es automático.

La tecnología de embalaje con películas de plástico consiste en aplicar los conocimientos científicos y empíricos para solucionar los problemas actuales que se definen en función de las necesidades económicas, políticas o sociales de una comunidad o grupo en particular. Por lo tanto, podemos decir que el desarrollo tecnológico de un país no implica usar las tecnologías de los países desarrollados sino tratar de cubrir sus necesidades con sus propios recursos tanto humanos como materiales.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ALEMAN CRUZ, JOSE GUADALUPE. (2001). " Aplicación de envases en la congelación de hortalizas precocidas. FES-Cuautitlán, UNAM., pp.32.
- 2) ARJONA ROMÁN, JOSÉ LUIS. (2001) "Propiedades de materiales 2". Departamento de Ingeniería y Tecnología. Cátedra de Ingeniería Alimentaria. pp.21 y 23.
- 3) ASKELAND , D.R. (1987) "Ciencia e Ingeniería de los Materiales". International Thomson, México, Traducción del libro "The Science and engineering of materials, 3ª ed. pp 45-50 y 337-357
- 4) BARRAGÁN F., RUBÉN. (1990) "Polietileno, tecnología y proceso". Problemas y soluciones. Manual práctico para la Industria. pp. 11-13.
- 5) BUREAU, GILBERT Y MULTON, JEAN-LOUIS.( 1995)"Embalaje de los alimentos de gran consumo".Ed. Acribia, s.a., Zaragoza (España). pp 281-286, 293-294,507-521, 553, 680-682.
- 6) CALLISTER Jr, W.D. (1995) "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de Materiales". 3ª edición. Reverté, Traducción de la 3ª edición de "Materials Science and Engineering. An Introduction" de Wiley. pp.20-34.
- 7) MORTON – JONES, D.H. (1993)" Procesamiento de plásticos ". Editorial Limusa, S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores. pp 63,198.
- 8) VIDALES GIOVANNETTI, MA. DOLORES (2000) "El mundo del envase", Editorial G. Gili, UAM Azcapotzalco pp 169-200.

- 9) [www.colombiapack.com/clientes/maroplaste.htm](http://www.colombiapack.com/clientes/maroplaste.htm)
- 10) [www.cogas.cl/page/polietileno.htm](http://www.cogas.cl/page/polietileno.htm)
- 11) [www.grupozoe.com/maquinas\\_emplasticadoras.htm](http://www.grupozoe.com/maquinas_emplasticadoras.htm)
- 12) [www.tcorp.com/unipack/esp/newenfardadora/enfppack.htm](http://www.tcorp.com/unipack/esp/newenfardadora/enfppack.htm)
- 13) [www.tecnomaq.com.mx/plásticos.htm](http://www.tecnomaq.com.mx/plásticos.htm)
- 14) [www.empleado.com](http://www.empleado.com)
- 15) [www.psrc.usm.edu/spanish](http://www.psrc.usm.edu/spanish), 2002. APRETEC, AC (Asociación para el Reciclado del PET), 2001

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA