

10529  
20



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
SUPERIOR



ESTUDIO DEL USO DE UN ENVASE PLASTICO COMO UNA  
ALTERNATIVA PARA CONSERVAR ATUN.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERIA EN ALIMENTOS**  
**P R E S E N T A N :**  
**L U I S ORDAZ RODRIGUEZ**  
**J O R G E S A N C H E Z P I E D R A**

ASESOR: ING. FERNANDO MAYA SERVIN  
COASESOR: IBQ. LETICIA FIGUEROA VILLARREAL

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

2003

A

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.



ESTADO NACIONAL  
IZCALLI, MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**  
**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR**  
**DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. I. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN



UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
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. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Estudio del uso de un envase plástico como  
una alternativa para conservar atún.

que presenta el pasante: Luis Ordaz Rodríguez  
con número de cuenta: 9756167-1 para obtener el título de:  
Ingeniero en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Junio de 2002

PRESIDENTE	<u>I. Q. Fernando Maya Servín</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>I. B. Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>I. A. Elsa Gutiérrez Cortés</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Ma. de la Luz Zambrano</u>	<u>Zaragoza [Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I. A. Julieta González Sánchez</u>	<u>[Firma]</u>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de  
Exámenes 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. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Estudio del uso de un envase plástico como:  
una alternativa para conservar atún.

que presenta al pasante: Jorge Sánchez Piedra  
con número de cuenta: 9402303-3 para obtener el título de :  
Ingeniero en Alimentos.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Junio de 2002

PRESIDENTE I. Q. Fernando Maya Servín *Papa 8,*

VOCAL I. B. O. Saturnino Maya Ramírez *Saturnino*

SECRETARIO I. A. Elsa Gutiérrez Cortés *Elsa*

PRIMER SUPLENTE M. en C. Ma de la Luz Zambrano Zambrano *M. en C. Ma de la Luz*

SEGUNDO SUPLENTE I. A. Julieta González Sánchez *Julieta*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

C

## DEDICATORIA.

### A MIS PADRES:

A quienes debo todo lo que soy y todo y cada uno de los éxitos que he logrado.  
Por darme la mejor herencia que alguien pueda recibir en vida: su amor, protección, ayuda y educación.  
Porque sin su apoyo y amor incondicionales no lo hubiera logrado.  
Gracias por su ejemplo de superación, por su infinito amor y gratitud, por que la elaboración de este trabajo no solo se debe a mi esfuerzo y dedicación, también es el resultado de su apoyo incondicional.  
Les dedico la primera gran meta de mi vida a ti mi padre **Luis Ordaz Sánchez**, la persona que más admiro en la vida; a ti madre **Maura Rodríguez Sánchez**, por ser la persona que supo cuidarme y protegerme antes de llegar a este mundo; espero algún día y de alguna manera responder a la confianza y esfuerzo que han invertido en mí.

### A MIS HERMANOS:

Jorge Alberto, Araceli y Anayeli, que sin saberlo también han hecho posible el logro de esta meta, que aunque no lo crean me acuerdo mucho de ustedes.

### AGRADECIMIENTOS:

Agradezco especialmente al Profesor Fernando Maya Servín, por habernos dado la oportunidad y brindarnos su apoyo para la realización de esta tesis.

A los profesores: Leticia Figueroa Villarreal, Clara Inés Álvarez Manrique, por habernos brindado su ayuda cuando la solicitamos.

A mis compañeros y amigos: Ana Lilia, Jaime, Damián, Gladys, Jorge, Luis D, Vero, Miquelón, Ali, Falih, por compartir grandes momentos toda la carrera y por seguir contando con ustedes en todo momento.

Sinceramente

**Luis Ordaz R.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### DEDICATORIA.

Dedico esta tesis,  
A todos mis seres queridos que,  
Confiaron y me apoyaron a lo largo  
De la carrera.  
A mis padres que sin su gran  
Apoyo incondicional y sus consejos  
No habríamos llegado hasta aquí.  
A la persona que es la parte más  
Importante en mi vida.  
A mis amigos y a todos mis maestros  
Que con sus conocimientos nos brindaron  
Las herramientas para defendernos en la vida profesional  
En la vida profesional hay dos maneras  
De hacer las cosas: una bien y otra nada más para  
Salir del paso. La que se hace bien se hace para siempre.  
"Aspira en lo absoluto, si en lo relativo quieres progresar"

#### AGRADECIMIENTOS

Al profesor Fernando Maya, a la profesora Leticia Figueroa Villareal,  
A la profesora Clara Ines, que sin ellos esta tesis no hubiera sido posible.

A mis amigos Jaime, Luis, Victor, Ernesto, Paola, Denis, Luis David, Roberto, Ana. Por compartir buenos  
y difíciles momentos a lo largo de la carrera. Gracias.

Atentamente.

Jorge Sánchez Piedra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

	Pág.
Índice	i
Lista de tablas	v
Lista de figuras	vi
Lista de graficas	vii
Resumen	viii
Justificación	ix
Introducción	1
Objetivo General	3
Objetivos Particulares.	3
1. ANTECEDENTES.	4
1.1 GENERALIDADES DE PLASTICOS.	4
1.2 ENVASES DE METAL	5
1.2.1 Propiedades de los envases de hojalata	5
a) Ventajas	5
b) Desventajas	6
1.2.2 Características de un envase sanitario	6
1.2.3 Latas de 2 piezas	7
1.2.4 Fabricación	7
1.2.5 Métodos de apertura.	7
1.3 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS	9
a) Termoplásticos	9
b) Termofijos	9
1.4 QUIMICA DE LOS POLIMEROS	10
a) Homopolímeros	10
b) Copolímeros	10
c) Terpolímeros	10
d) Polimerización por adición.	10
e) Polimerización por condensación.	10
1.5 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES TERMOPLASTICOS	10
1.5.1 Propiedades de los envases plásticos.	12

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

a) Ventajas	12
b) Desventajas	12
1.6 ASPECTOS LEGALES DE LOS PLASTICOS	13
1.7 USO DEL EVOH ( ETILEN VINIL ALCOHOL)	14
1.8 PROCESAMIENTO DE LA RESINA EVOH	14
1.8.1 Coextrusión	15
1.8.2 Ventajas de la coextrusión	16
1.8.3 Aspectos de procesamiento	18
1.9 TERMOFORMACION	18
1.9.1 Propiedades de los polímeros EVOH para el termoformado	19
a) Propiedades Cristalinas	19
b) Propiedades de Orientación	20
1.10 CONSIDERACIONES PARA LA TERMOFORMACION DEL ENVASE	20
a) Calentamiento de la lámina	20
b) Formas del molde y tapón	21
1. Formación con presión en fase sólida.	21
2. Formación en fase de fusión.	22
c) Polímeros acompañantes	22
d) Espesor	23
1.11 PROPIEDADES GENERALES DE LA RESINA EVOH.	23
a) Absorción de humedad y secado de la resina EVOH	24
b) Barrera contra gases	24
c) Barrera contra químicos y solventes	25
d) barrera contra aromas y sabores.	25
e) Propiedades ópticas, mecánicas y otras.	25
1.12 VIAS DE DETERIORO DEL ATUN.	25
a) Cambios Autolíticos	25
b) Cambios bacteriológicos	26
c) Oxidación de lípidos	27
2.0 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.	29
2.1 DESCRIPCION DEL CUADRO METODOLOGICO	29
2.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL	31
a) Envase plástico	31

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



b) Atún.	31
<b>2.3 CARACTERIZACION DEL ENVASE</b>	31
<b>2.3.1 Caracterización Física</b>	31
a) Dimensionamiento	31
b) Prueba de sellado	32
c) Prueba de permeabilidad al vapor de agua	33
<b>2.3.2 Caracterización Química</b>	34
a) Prueba de álcalis y ácidos	34
b) Prueba de solubilidad	35
c) Prueba de Flammabilidad	36
<b>2.3.3 Caracterización Mecánica</b>	37
a) Prueba de Compresión	37
b) Prueba de Tensión	38
<b>2.3.4 Producto Modelo</b>	40
a) Investigación de los componentes principales del atún.	40
b) Realización del producto modelo.	41
<b>2.3.5 Caracterización Térmica</b>	41
a) Cambio de Temperatura	41
b) Esterilización del envase plástico.	41
<b>3.0 ELABORACION DEL PRODUCTO</b>	44
a) Pruebas microbiológicas	46
3.1 Comportamiento del producto terminado sometido a pruebas que simulan la manipulación nsumidor	47
a) Prueba de resistencia al impacto	47
b) Prueba de resistencia al estibamiento.	49
<b>4.0 ANALISIS DE RESULTADOS.</b>	50
<b>4.1 Pruebas Físicas</b>	50
a) Dimensionamiento	50
b) Pruebas de sellado	50
c) Prueba de permeabilidad al oxígeno	51
<b>4.2 Pruebas Químicas</b>	52
a) Prueba de álcalis y ácidos	52
b) Prueba de solubilidad	52

c) Prueba de Flamabilidad	53
4.3 Pruebas Mecánicas	53
a) Prueba de compresión	53
b) Prueba de Tensión	54
4.4 Pruebas Térmicas	56
a) Cambio de Temperatura	56
b) Prueba de esterilización	57
c) Prueba de Vacío	58
d) Envasado y esterilización del producto real	59
4.5 Pruebas Microbiológicas	59
4.6 Prueba de resistencia al impacto	60
4.7 Prueba de resistencia al estibamiento	61
5.0 CONCLUSIONES	62
Anexo 1	63
Anexo 2	66
Bibliografía	68

TEGUS CON  
FALLA DE ORIGEN

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Diferencia entre termoplástico y termofijo	9
<b>Tabla 2</b> Intervalo de fusión de materiales termoplásticos con estructura amorfa	11
<b>Tabla 3</b> Intervalo de fusión de materiales con estructura cristalina y semicristalina	11
<b>Tabla 4</b> Proceso y aplicación de la resina EVOH	17
<b>Tabla 5</b> Porcentaje de etileno de las diferentes series de la resina EVOH	23
<b>Tabla 6</b> Cambios autolíticos en el pescado	26
<b>Tabla 7</b> Flora bacteriana específica del deterioro del pescado	27
<b>Tabla 8</b> Resultados de la prueba de permeabilidad al oxígeno	51
<b>Tabla 9</b> Resultados de la prueba de álcalis y ácidos	52
<b>Tabla 10</b> Resultados de la prueba de compresión	53
<b>Tabla 11</b> Resultados de resistencia a la compresión	54
<b>Tabla 12</b> Resultados de la prueba de tensión corte longitudinal	55
<b>Tabla 13</b> Resultados de la prueba de tensión corte transversal	55
<b>Tabla 14</b> Observaciones de la prueba de esterilización	57
<b>Tabla 15</b> Resultados de la prueba de vacío	58
<b>Tabla 16</b> Resultados de análisis microbiológico	60
<b>Tabla 17</b> Resultados de la prueba de resistencia al impacto	60
<b>Tabla 18</b> Resultados de la prueba de estibamiento	61

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
<b>Figura 1</b> Proceso de elaboración de latas de 3 piezas	8
<b>Figura 2</b> Agrietamiento del envase por el uso de un tapón mas pequeño	22
<b>Figura 3</b> Ruta de oxidación de lípidos	28
<b>Figura 4</b> Cuadro metodológico	30
<b>Figura 5</b> Sellado de envase	33
<b>Figura 6</b> Prueba de compresión vertical	37
<b>Figura 7</b> Esterilización del envase	42
<b>Figura 8</b> Aplicación de vapor al envase	43
<b>Figura 9</b> Proceso de elaboración del atún	45
<b>Figura 10</b> Resistencia al impacto a diferentes alturas	48
<b>Figura 11</b> Resistencia al estibamiento	49
<b>Figura 12</b> Deformaciones durante la esterilización	58

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## LISTA DE GRAFICAS.

	Pág.
<b>Grafica 1</b> Relación de estiramiento de algunos polímeros	20
<b>Grafica 2</b> Formación a presión en fase sólida	21
<b>Grafica 3</b> Tasa de cristalización del envase	23
<b>Grafica 4</b> Absorción de humedad en equilibrio vs. Humedad relativa	24
<b>Grafica 5</b> Grafica esfuerzo-deformación	40
<b>Grafica 6</b> Grafica esfuerzo deformación de un corte longitudinal.	56

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de proponer una alternativa en la conservación del atún, mediante la utilización de un envase plástico estructuralmente compuesto por polipropileno-Etilen vinil alcohol-Polipropileno (PP/EVOH/PP), tomando como referencia las ventajas que presenta este envase plástico con respecto al de hojalata. Para determinar las propiedades que presenta este envase plástico, se le realizó primeramente una caracterización, de tipo química, física, mecánica y térmica, ya que nos proporcionó información de las principales características del envase para determinar si este era adecuado para la conservación del atún. Durante la experimentación se trabajó con un producto modelo, el cual nos permitió determinar las condiciones adecuadas de sellado y esterilización del envase, a su vez se obtuvo información sobre el comportamiento de los principales componentes del atún. Se demostró de una manera teórica y experimental que el envase PP/EVOH/PP presenta las características adecuadas para envasar atún: la resistencia a altas temperaturas (150-191°C); importante para obtener un producto estéril; así como resistencia mecánica, que es importante para manejo y distribución del producto. Además de contar con características muy importantes en la conservación de alimentos como: baja permeabilidad al oxígeno y a gases, resistencia a álcalis y ácidos. También permitió esterilizar y conservar el producto sin que mostrara algún daño o alteración microbiana, como es el caso del Clostridium botulinum, donde las pruebas microbiológicas aseguraron la ausencia de este.

## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la importancia por presentar al cliente mejores productos y en diferente presentación ha propiciado el auge y la evolución en los envases.

A través del tiempo ha habido productos que han permanecido en el mismo envase, del cual solo ha cambiado la etiqueta o simplemente lo han hecho más práctico; tal es el caso del atún en aceite, el cual por tradición se presenta al consumidor en un envase de hojalata, esto debido a que es un producto muy perecedero que tiene que ser sometido a un tratamiento térmico (esterilización) para prolongar su vida útil, condición que el envase de hojalata ha podido soportar.

En el presente trabajo se establece como una alternativa el utilizar un envase de plástico conformado estructuralmente por polipropileno-etileno vinil alcohol- polipropileno (PP/EVOH/PP) que tiene las características de ser termoplástico, coextruido y termoformado el cual se ha establecido que cumple con los requisitos para ser utilizado, soportando la temperatura de esterilización, además de sus propiedades de barrera de vapor de agua y al oxígeno cualidades que favorecen la conservación de un producto tan perecedero como el atún.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA



## INTRODUCCION.

El sector pesquero incluye actividades que comprenden desde la captura o cultivo de los recursos de flora y fauna acuáticas hasta su transformación y comercialización. En nuestro país, 80% de la producción pesquera se realiza en aguas de la plataforma continental (357,800 km<sup>2</sup>). La zona económica exclusiva de México abarca una extensión de 2.947 millones de km<sup>2</sup>, 50% mayor que toda la superficie terrestre del país. La pesca constituye una parte importante del quehacer económico nacional. El sector pesquero emplea alrededor de 326 mil personas en el país. En el ámbito local, las actividades pesqueras se han convertido en elemento fundamental del ingreso de segmentos importantes de la población y en propulsoras del desarrollo económico ([www.Semarnar.gob.mx](http://www.Semarnar.gob.mx))

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), México ocupa el décimo noveno lugar en la producción pesquera mundial, con alrededor de 1% de la producción global. Las cuatro principales pesquerías (sardina, túnidos, camarón y mojarra) aportan poco más de 50% del volumen de la producción pesquera total y más de 55% de su valor. ([www.Semarnar.gob.mx](http://www.Semarnar.gob.mx)) La pesquería de los atunes es una de las mayores y más importantes, ejercida en los mares tropicales y subtropicales. En la actualidad se pescan 12 especies de atunes principalmente en el Pacífico oriental, llegando la producción total en 1986, según la FAO, a 3 418 450 toneladas. ([www.omeca.uilss.edu.ms](http://www.omeca.uilss.edu.ms))

Ya que el atún tiene una tendencia tan marcada a descomponerse, a lo largo de la historia se han empleado un sin número de métodos de conservación. Los primeros métodos fueron el curado mediante humo y sal y el secado subsecuente.

Los conservadores químicos pueden prolongar la vida de almacenamiento del pescado, y se han empleado algunos, como por ejemplo, ácido ascórbico, benzoato sódico y el gas fumigante, óxido de etileno; pero su uso como conservadores no se permite en la mayoría de los países. Sin embargo, los métodos actuales de mayor importancia para la conservación de la calidad, sigue siendo la congelación y el enlatado, sin que hasta ahora ningún otro amenace con sustituirlos. (Potter 1980)

El principal objetivo del enlatado consiste en preparar un producto capaz de ser almacenado durante tiempo considerable y que al final del mismo pueda comerse sin riesgo. (Borgess 1971). En la actualidad los plásticos han venido sustituyendo a los envases convencionales, gracias a ciertas ventajas. Como practicidad, mejor diseño y principalmente un menor costo, además de mantener al producto en buenas condiciones. (Valero 2000).

Dada la gran variedad de plásticos que existe en la actualidad y la constante aparición de nuevos materiales, es cada vez mayor el uso de los plásticos para la fabricación de cualquier pieza en todos los sectores. Estos materiales presentan una enorme variedad de propiedades muy diferentes, y conociendo su comportamiento, se puede obtener mucha información para cada aplicación específica. ([www.Plasunivera.es](http://www.Plasunivera.es)) Los aspectos de mayor importancia en los envases para alimentos, desde el punto de vista de los industriales son: obtener un envase seguro, alargamiento de vida de anaquel, que cumpla las necesidades de consumidor, que no dañen el medio ambiente, que sean versátiles, que presenten estabilidad térmica, integridad química y hermeticidad. (Eirasquin2001)(Vivaldi1995)

Los copolímeros de etilen-vinil alcohol(EVOH) son quizás los materiales que mayor publicidad han recibido en los últimos años dentro del campo del envasado de alimentos a nivel mundial. ([www.revplasmol.com](http://www.revplasmol.com)). Los envases EVOH se caracterizan por su procesabilidad excelente y propiedades sobresalientes de barrera. La clave para este maravilloso equilibrio es la combinación de la relación de copolimerización correcta de etilen-vinil alcohol, la cuidadosa selección del grado de polimerización y el proceso de fabricación propio exclusivo utilizado para la producción de copolímeros EVOH. ([www.evotca.com](http://www.evotca.com)). Debido a las propiedades de barrera contra gases, químicos, que nos brinda este envase se propuso realizar un estudio para determinar su factibilidad de uso para poder conservar atún.

### **OBJETIVO GENERAL.**

**Estudio del uso de un envase plástico (EVOH), mediante pruebas químicas, térmicas, mecánicas y microbiológicas, para determinar su viabilidad y factibilidad para conservar atún en aceite**

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1. Caracterización del envase plástico mediante pruebas físicas, químicas, mecánicas y térmicas para determinar la viabilidad en el envasado de atún.**
- 2. Elaboración y envasado de atún en aceite, de acuerdo a las condiciones del proceso de elaboración, para su posterior esterilización y análisis microbiológico.**
- 3. Observar el comportamiento del producto terminado, mediante pruebas que simulen la manipulación por el consumidor, para determinar la viabilidad y factibilidad de uso**

## I. ANTECEDENTES

### I.1 GENERALIDADES DE PLÁSTICOS

La palabra plástico viene del griego *plastikos*, que significa susceptible de ser moldeado. Los primeros plásticos manufacturados comercialmente, fueron derivados de la celulosa proveniente del desperdicio de algodón.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX comenzaron a fabricarse objetos con materiales sintéticos; el primero de ellos fue el celuloide, utilizado en sus inicios como sustituto del marfil.

A mediados del siglo XX comienza realmente el uso del plástico dentro de la industria del envase.

Entre las décadas de los sesenta y los setenta el mundo vio la llegada de las bolsas de polietileno, usadas literalmente para todo y para ser reutilizadas.

En las últimas dos décadas han surgido nuevos avances en la tecnología de plásticos. En el mundo de los envases, por ejemplo, se han superado obstáculos que antes impedían el uso de materiales sintéticos en distintas industrias, como la alimenticia.

Actualmente los plásticos más utilizados son el polietileno de baja densidad (LDPE) el polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), el polietileno de alta densidad (HDPE), el polipropileno (PP), el cloruro de polivinilo (PVC), el poliestireno (PS) y el tereftalato de polietileno (PET).

En general los métodos de producción para envases de plástico se basan en el moldeado con diferentes técnicas. (Vidales 1999).

El horno de microondas ha puesto una oportunidad para desarrollar una forma única de envasado de alimentos. Los materiales plásticos son ideales para estos nuevos envases que pueden ser calentados ya que no solo disponen de las propiedades precisas para este tratamiento sino que además facilitan la transmisión de la energía del microondas. Otras ventajas y beneficios para el consumidor a favor de los envases de plástico que pueden ser calentados son:

- Irrompibilidad
- Imagen higiénica
- Facilidad de transporte.

Las propiedades físicas de los materiales plásticos (polímeros) presentan algunas diferencias notables cuando se comparan con materiales tradicionales tales como metal o vidrio.

Los polímeros no proporcionan una barrera total para los gases. Esto supone que la pared de un recipiente será permeable al oxígeno. La tasa de permeabilidad dependerá del polímero o polímeros usados y se denomina propiedad barrera del polímero. Los polímeros permiten también el paso de la humedad y, de nuevo, esto varía con los distintos polímeros.

Los dos requisitos clave para los recipientes de plástico capaces de soportar el tratamiento en el autoclave son:

- Resistencia para soportar las condiciones de la autoclave con temperaturas de hasta 135 ° C.
- Propiedades de barrera para el oxígeno adecuadas para el tipo de alimento que se va a envasar y para sus requisitos de vida útil.

Además de estos requisitos precisan resistencia para soportar abusos de estiramiento, apilamiento, transporte y almacenamiento. El recipiente deberá soportar asimismo el sistema de cierre..

Para alcanzar todos los requisitos exigidos a los recipientes que pueden ser tratados en le autoclave, es corriente combinar varios polímeros para conseguir unas condiciones optimas de propiedades de barrera y térmicas. Estas combinaciones consistirán generalmente en un polímero fuerte o estructural, con buenas propiedades térmicas y de resistencia, para soportar el tratamiento en el autoclave con un polímero de barrera que proporcione la estructura de capas múltiples suficientemente impermeable al paso del oxígeno que la adecue para el tipo de alimento a envasar.

Nuestro envase como ya se menciona esta compuesto por dos polímeros PP/EVOH/PP, del cual el PP es el polímero fuerte o estructural que soportara las condiciones de esterilización y de resistencia mecánica; EVOH que es el polímero barrera el cual no permite el paso de oxígeno hacia el alimento.

En si nuestro envase es multilaminar, formado por un proceso de coextrusión y posteriormente un termoformado.

(Vidales 1999).

## 1.2 ENVASE DE METAL

Los envases de metal son generalmente de hojalata electrolítica , o de lamina cromada ( TFS ) libre de estaño.

La hojalata es utilizada por su gran resistencia al impacto y al fuego además de su inviolabilidad y hermetismo, ofrece al consumidor el mayor índice de seguridad de conservación.

### 1.2.1 Propiedades de los envases de hojalata.

a) Ventajas:

- **Resistencia:** permite envasar alimentos a alta presión o vacío.
- **Estabilidad térmica:** el metal no cambia sus propiedades al exponerse al calor.
- **Hermeticidad:** Es una barrera perfecta entre los alimentos y el medio ambiente, para evitar una descomposición de los alimentos.

- **Calidad magnética:** permite separar los envases desechados de otros desperdicios.
- **Integridad química:** hay mínima interacción entre los envases y el alimento.
- **Versatilidad:** se muestran diferentes presentaciones.

b) Desventajas:

- **Necesidad de protección a través de un aditivo:** Se emplean, antioxidantes y preservadores que alteran las propiedades y calidad del producto.
- **Presentan una alta conductividad térmica:** Debido a esta alta conductividad las reacciones de deterioro de los alimentos puede ser más rápidas.
- **Reacciona químicamente con ácidos y humedad:** Debido a que es un metal se presentan más fácilmente las reacciones con ácido y además si se expone por mucho tiempo a la humedad puede ocurrir una oxidación en el envase.
- **Contaminación por el barniz:** Debido a una oxidación del barniz se puede presentar una contaminación directa en el alimento.

Los elementos principales de un envase de hojalata son los siguientes:

Costura lateral

1. Doble cierre ( la unión de tapa y fondo)
2. Tapas y cierres
3. Compuestos sellantes

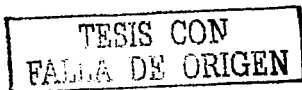
#### 1.2.2 Características de un envase sanitario.

Es fabricado de un material que no altere ninguna característica de los alimentos. El material del bote debe ser un buen conductor del calor, debe ser ligero y resistente. También debe ser adaptable a diversos productos, debe facilitarse su fabricación en diversos tamaños.

Los envases pueden clasificarse por las formas de su sección transversal: redondas, rectangulares, ovaladas, oblongas, y trapezoidales.

Tipos básicos de cierre son:

- **Por fricción:** en los cuales la tapa se puede remover con la presión de un dedo.
- **Cierre roscado:** se usa cuando el envase tiene un cuello roscado y se requiere que éste se pueda abrir y cerrar repetidas veces.
- **Engargolado:** se conoce habitualmente como de doble cierre, o puede ser de presión.
- **Atmosférico:** es utilizado en aerosoles.



### 1.2.3 Latas de dos piezas

Las técnicas de fabricación se refinan constantemente, ya que las latas de dos piezas tienen grandes ventajas sobre las soldadas de tres piezas.

En la producción de latas estiradas y reestiradas se hace primero una lata de boca ancha y en el segundo paso se estira formando una boca más estrecha haciéndola más alta.

### 1.2.4 Fabricación.

Al principio las latas se elaboraban de forma artesanal, una a una, cortando la lámina con sierras, o por medio de unas tijeras accionadas por un pedal.

Con los adelantos posteriores en la fabricación del acero, fue a partir que de la hoja plana se formaba un tubo común, soldando las orillas del metal con un doble alrededor de las pestañas para conformar, rolándose, el cuerpo de la lata; donde este doble sello provee a la lata de un cierre hermético. Como se observa en la figura 1, donde las tapas se aplican por el envasador después del llenado.

Los envases de tres piezas se fabrican a partir de una lámina cortada en plantillas que es enrollada y unida por los extremos, formándose así la costura lateral.

Para la costura lateral existen tres sistemas:

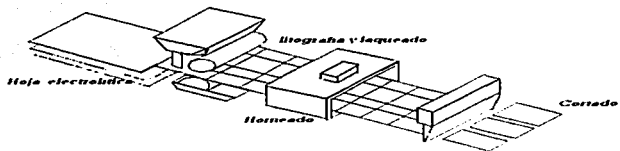
- Soldadura plomo-estaño: es una aleación en estado líquido de estos dos elementos se coloca entre los ganchos que se forman entre los extremos de la lámina.
- Soldadura plástica: Se utiliza un adhesivo para unir los bordes.
- Soldadura eléctrica: Se traslapan las dos láminas y se aplica una corriente eléctrica.

Los procesos para la fabricación de latas de dos piezas son: el embutido-planchado y el embutido profundo; en los cuales se parte de un disco de metal que se golpea, provocando que el metal fluya hacia adentro de una copa que da la forma final.

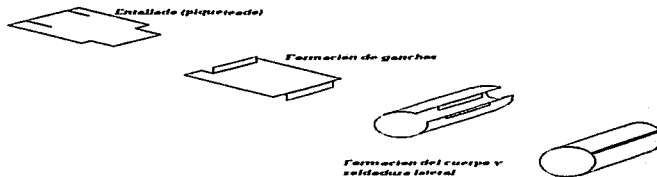
### 1.2.5 Métodos de apertura.

En los años cincuenta o sesenta, se empezaron a consumir cada vez más latas de cerveza, pero hasta 1963 con el desarrollo del tirador se logró impulsar el verdadero potencial.

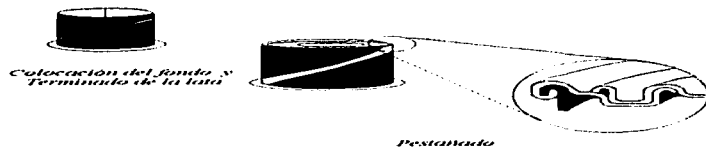
Es conocido por todos que hay múltiples formas de abrir los envases metálicos. Desde utilizar un abrebotellas hasta los más recientes envases abre fácil (easy open). También la tapa puede desprenderse al abrir el envase (retained tab).



Paso 1 Corte de la lámina.



Paso 2 Formación del tubo



Paso 3 Colocación de las tapas

Figura 1 Proceso de elaboración de latas de 3 piezas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.3 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas que los constituyen en dos grupos, termoplásticos y termofijos.

a) Termoplásticos: son resinas con estructura molecular lineal obtenida por procesos de polimerización y policondensación, que durante el moldeo en caliente no sufre ninguna modificación química.

La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por el enfriamiento del aire o al contacto con las paredes del molde. Entre ciertos límites el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.

b) Termofijas: las resinas pueden ser obtenidas por polimerización o policondensación, pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura reticular o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero si continua la aplicación del calor, experimenta un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o agentes reticulantes. (Bodini Tomo I)

En la Tabla I se trata de ejemplificar de forma práctica, la diferencia que existe entre los plásticos que son clasificados como termoplásticos o termofijos y las características que presentan los polímeros en cada uno de los casos.

**Tabla I.** Diferencia entre Termoplásticos y Termofijos

Termoplásticos	Termofijos
Se usa material fundido en la etapa de conformación del líquido	Se usan polímeros líquidos gomosos de menos peso molecular en la conformación
Endurecen al solidificar el material fundido	Endurecen por reacción química, con frecuencia por formación de enlaces cruzados de las cadenas.
Estado sólido-líquido reversibles	El líquido se convierte irreversiblemente en un sólido
Hay una temperatura máxima de uso	Muchas veces pueden soportar altas temperaturas
Es posible la recuperación de los desperdicios	No pueden recuperarse directamente los desperdicios

Morton-Jones. (2000) "Procesamiento de Plásticos" Editorial Limusa S.A. de C.V., México

#### **1.4 QUIMICA DE LOS POLIMEROS.**

##### **a) Homopolímeros**

Los plásticos de estructura más sencilla se denominan así, ya que solamente contienen una estructura básica un ejemplo de estos plásticos es el polietileno

##### **b) Copolímeros**

Es la combinación de dos grupos funcionales diferentes, de los cuales cada uno posee propiedades específicas que al combinarse brindan características sobresalientes en un plástico, un ejemplo de ello es el EVOH, que presenta baja permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua. Y el PP que presenta propiedades de resistencia mecánica.

##### **c) Terpolímeros**

Se obtienen mediante la combinación de tres grupos funcionales diferentes, los cuales al combinarse nos ofrecen propiedades distintas, un ejemplo de estos es ASA (acrílico-estireno-acrilonitrilo)

##### **d) Polimerización por adición.**

Es un proceso en el cual, bajo condiciones apropiadas de temperatura y presión, las moléculas monoméricas se enlazan entre si para formar largas cadenas moleculares. Durante esta reacción no se forman productos secundarios o subproductos.

##### **e) Polimerización por condensación**

A diferencia de la polimerización por adición, en ésta se forman productos secundarios tales como agua, ácidos, etc., los cuáles tienen que ser eliminados.

Se usan agentes iniciadores y catalizadores para acelerar las reacciones complejas que conducen a la formación de macromoléculas.

#### **1.5 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES TERMOPLASTICOS.**

Los materiales termoplásticos han sido utilizados como sustitutos de materiales tradicionales metálicos y aislantes con resultados no siempre positivos.

La importancia de las propiedades de un material plástico depende en primer lugar de las características químico- físicas de la resina base y de los aditivos para mejorar la propiedad de alguna resina. En general los materiales termoplásticos con estructura lineal, pueden ser divididos en dos grupos con referencia a su acomodo molecular:

1) Polímeros con estructura amorfa.

2) Polímeros con estructura parcialmente cristalina y cristalina.

La diversa estructura molecular no sólo influye en el comportamiento del proceso de fusión y solidificación, sino que también determina las propiedades físicas y mecánicas.

En los **polímeros de estructura amorfa** la fusión no se realiza a una temperatura determinada. Por lo cual no existe un punto de fusión preciso, en su lugar el material pasa gradualmente a medida que aumenta la temperatura, del estado sólido a un estado viscoso, hasta convertirse en un fluido. En la tabla 2 tenemos algunos ejemplos de polímeros con estructura amorfa, en la cual se puede observar que las temperaturas de fusión muestran un intervalo muy amplio.

Los **polímeros con estructura parcialmente cristalina y cristalina**, constituidos por partes amorfas y partes cristalinas presentan un característico punto de fusión, que corresponden a la transición del estado sólido al estado fluido. El intervalo para la transformación está limitado por pocos grados centígrados, ya que abajo del punto de fusión el material todavía está sólido y no se puede moldear o extruir. El polímero de la resina EVOH se encuentra dentro de esta clasificación, por lo que es importante tomarlo en consideración para su procesamiento, aunque la resina EVOH es altamente cristalina. También en esta clasificación tenemos al PP (polipropileno) material que se utiliza como capa externa e interna del envase. En la tabla 3 se muestra como el intervalo de temperaturas de fusión es muy pequeño o es exacto.

**Tabla 2.** Intervalo de fusión de materiales termoplásticos con estructura amorfa.

Termoplásticos con estructura amorfa	Símbolo	Intervalo de fusión (° C)
ABS copolímero	ABS	170 – 200
Poliestireno	PS	130 – 160
Poliestireno resistente al impacto	SB	130 – 160
Acrlonitrilo-estireno	SAN	140 – 170

Morton-Jones. (2000) "Procesamiento de Plásticos" Editorial Limusa S.A. de C.V., México

**Tabla 3.** Intervalo de fusión de materiales con estructura cristalina y semicristalina

Termoplásticos cristalinos y Semicristalinos	Símbolo	Temperatura de fusión (°C)
Etilen vinil alcohol	EVOH	158-191
Polietileno baja densidad )	PE	110
Polietileno (alta densidad)	PE	130
Polipropileno	PP	165
Poliamida 66	PA66	255

Morton-Jones. (2000) "Procesamiento de Plásticos" Editorial Limusa S.A. de C.V., México

### 1.5.1 Propiedades de los envases plásticos.

#### a) Ventajas

- **Baja densidad:** Es debido al bajo peso específico de los plásticos
- **Flexibilidad:** Pueden soportar grandes esfuerzos sin fractura y recobrar su forma y dimensiones originales.
- **Bajo coeficiente de fricción:** La interfase plástico/ plástico o plástico/ metal presenta muy bajo coeficiente de fricción.
- **Resistencia a la corrosión:** son altamente resistentes a la humedad, oxígeno, ácidos.
- **Propiedades ópticas:** Hay materiales transparentes, traslucidos y opacos la cual puede ser fácilmente modificada por la adición de pigmentos o colorantes.
- **Integración del diseño:** Los procesos de producción y las propiedades del plástico ofrecen la posibilidad de diseñar y manufacturar formas polifuncionales.
- **Economía:** Tomando en cuenta su densidad, la materia prima del plástico es relativamente económica.
- **Higiene:** Un diseño adecuado del envase en cuanto a materias primas y hermeticidad hacen a los envases plásticos altamente higiénicos.
- **Seguridad:** Difícilmente se pueden sufrir cortaduras y otras lesiones al usar un objeto plástico.

#### b) Desventajas.

- **Baja resistencia a temperaturas altas:** Las temperaturas altas pueden llegar a fundir el material plástico.
- **Baja resistencia a rayos ultravioleta:** Es un comportamiento que puede mejorarse si se incorporan ciertos aditivos apropiados.
- **Deterioro en la superficie:** La mayoría de los termoplásticos pueden rayarse con objetos duros.
- **Resistencia variable a la abrasión:** Depende de las exactas condiciones de uso.
- **Flamabilidad:** El grado de combustión depende de varios factores como la composición del plástico, la temperatura y el tiempo de exposición al calor. La adición de agentes anticombustibles pueden remediar este problema.

- **Deformación térmica:** Los plásticos cambian su dimensionamiento con los cambios de temperatura en un rango bastante alto.
- **Menor vida de anaquel :** En relación con el metal la vida de anaquel de las tapas y de envases plásticos , pueden ser un poco menor debido a que se suele deteriorar con mayor facilidad.

#### **1.6 ASPECTOS LEGALES DE LOS PLASTICOS.**

La versatilidad de utilizar hoy en día los plásticos en el envase de alimentos, ha propiciado que se tenga un especial cuidado en la interacción que pueda tener éste con el alimento, su contaminación, su adulteración, las prácticas comerciales deshonestas en relación con la calidad, cantidad, presentación del sistema envase-alimento, las pérdidas y desperdicios; en general por la mejora de la calidad de los envases para alimentos.

Buscando cubrir las siguientes funciones y requerimientos:

- Ausencia de toxinas
- Compatibilidad con los alimentos.
- Protección sanitaria.
- Protección contra pérdidas o asimilación de humedad y grasas.
- Protección contra pérdida o asimilación de gases y olores.
- Protección contra la luz.
- Transparencia.
- Resistencia al Impacto.
- Inviolabilidad.
- Facilidad de desecho.
- Apariencia y facilidad para ser impreso.
- Limitaciones de tamaño, forma y peso.
- Bajo costo.

Además de los anteriores, no se debe olvidar que la presentación del producto es el medio para transmitir el mensaje al consumidor. (Hidalgo 2001). En particular debe cumplir con la norma (NOM-F-220-1982), la cual hace mención de los productos enlatados. El envase a utilizar se encontró bibliográficamente que cuenta con todas estas características, debido a la combinación de la resina EVOH y del PP que en conjunto permiten tener un envase que puede ser utilizado para conservar un alimento; algunas de estas características se analizarán en el presente trabajo.

### **1.7 USO DEL EVOH (Etilen Vinil Alcohol)**

En México el uso de la resina EVOH, para la fabricación de envases de uso alimentario, no tiene un gran empleo debido a que no se tiene conocimiento de las propiedades que puede ofrecer en combinación con otra resina, por ese motivo se propuso conocer un poco más de esta resina, mediante el empleo de un envase compuesto de tres capas PP/EVOH/PP. Los copolímeros de alcohol vinílico-etileno son quizás los materiales que mayor publicidad han recibido en los últimos años dentro del campo del envasado de alimentos a nivel mundial. Estos copolímeros presentan excelentes propiedades barrera frente a los gases, siendo el intervalo comercial de composición en alcohol vinílico del 52 al 73 % molar. En este intervalo se encuentra el compromiso entre sus excelentes propiedades barrera, la minimización de los efectos de la humedad por la presencia de etileno, una buena procesabilidad dado la estabilidad térmica exhibida por estos copolímeros en este intervalo de composición, una alta transparencia y buena resistencia a la radiación ultravioleta, así como la facilidad de reciclaje. Debido a que las propiedades que presentan son muy apropiadas, estos copolímeros son excelentes para preservar el sabor y el aroma de los alimentos porque previenen su deterioro gracias a sus propiedades de barrera contra gases, en particular al oxígeno y al dióxido de carbono. Por este motivo, se aplican principalmente como materiales de envasado de alimentos. Sus aplicaciones incluyen films, envases flexibles, botellas, tubos y contenedores termoconformados. A modo de ejemplo, en forma de films, laminado o coextruido, se emplean cada vez más en el envasado de alimentos como el queso, charcutería, zumo de tomate y frutas, pastelería, cafés e infusiones. Dada la sensibilidad de estos copolímeros a la humedad se disponen como capa interna en laminados coextruidos multicapa, siendo polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP) y policarbonato (PC) algunos de los materiales polímeros empleados como capas externas ([www.replasmat.com](http://www.replasmat.com))

### **1.8 PROCESAMIENTO DE LAS RESINAS EVOH.**

Las resinas EVOH son fáciles de procesar en equipo convencional para la fabricación de plásticos y no requieren modificaciones como es el caso del cloruro de polivinildieno (PVDC). En la tabla 4 podemos observar

algunos ejemplos del procesamiento y uso que tiene la resina EVOH para envases de uso alimenticio y farmacéutico. También se pueden observar la estructura que tiene el envase, y los principales acompañantes de la resina que conjuntamente con la EVOH brindan las propiedades deseadas. Generalmente las resinas EVOH se procesan en equipos disponibles comercialmente en los siguientes procesos:

- Extrusión de película monocapa (soplada o vaciada)
- Extrusión de película coextruida (soplada o vaciada)
- Coextrusión en lámina
- Moldeo por Coextrusión con soplado
- Coextrusión de perfiles
- Recubrimiento por Coextrusión
- Laminación
- Moldeo por inyección
- Recubrimiento en polvo.

Las resinas EVOH se pueden coextruir con todo tipo de poliolefinas, nylon, poliestireno, cloruro de vinilo y poliéster. Todo procesamiento posterior como la termoformación, la formación al vacío y la impresión se hacen fácilmente en las estructuras que contienen resinas EVOH o películas EVOH, al igual que otros polímeros, las resinas se pueden modificar por exceso de calor. ([www.evalca.com.mx](http://www.evalca.com.mx))

#### **1.8.1. Coextrusión.**

La Coextrusión consiste en formar un laminado a partir de dos o más plásticos fundidos que unen sus características. (Valero 2000)

Hay dos métodos de coextrusiones el método de soplado, donde los plásticos fundidos son soplados a través de anillos concéntricos para producir anillos tubulares y el proceso que produce películas sobre una bobina o rodillo (el moldeo).

Las películas sopladas se usan para tareas como la horticultura, escombros y sacos costales; mientras que los de moldeo se usan a menudo para materiales bastante sensibles: envasado de alimentos, vinos, etc.

Se ha visto en la necesidad de incluir materiales coextruidos en los empaques flexibles combinando propiedades de los materiales que ayuden a proporcionar vida de anaquel a los productos empacados. Uno de los factores más importantes es la permeabilidad de gases como nitrógeno y oxígeno, usándose para esto, resinas como son los copolímeros EVOH, PET, PA y otros. (Vidales 1997)

Para obtener la lámina plana, se pueden distinguir tres formas distintas de producción de coextrusiones, dependiendo de la forma en que los flujos de los distintos materiales se encuentren para formar una sola estructura:

- a) Flujos separados dentro del cabezal y unión de materiales externa.
- b) Flujos separados dentro del cabezal y unión en la salida.
- c) Flujos completamente juntos dentro del cabezal

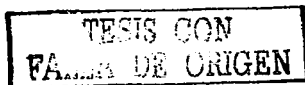
Siendo más utilizado el último, ya que este tipo de coextrusión se puede realizar en cabezales convencionales, con la inclusión del adaptador que dosifica los diferentes materiales para la formación de una corriente.

La ventaja de este tipo de coextrusión, es que casi cualquier número de capas puede incluirse para obtener láminas de aplicaciones muy especializadas todo esto con una complejidad relativamente menor a los métodos anteriores. (Valero 2000)

#### **1.8.2 Ventajas de la Coextrusión.**




- Tiene disponibilidad de una gran variedad de termoplásticos susceptibles de extruir con propiedades de barrera, adhesión, soporte y termosellado.
- Se obtienen estructuras con mejores propiedades de las que se pueda obtener con una monocapa, combinando las propiedades de los materiales.
- Reducción de procesos de operación.
- Reducción de espesores de materiales costosos.
- Reducción de costos.

En ciertas ocasiones la base y el coextruido suelen ser un problema en algunos envoltorios, pero a menudo se puede interpolar una fina capa de otro material para que se logren pegar los dos componentes de la coextrusión. (Vidales 1997)





**Tabla 4 .Proceso a aplicación de la resina EVOH**

Empaques rígidos		
Proceso de Fabricación	Aplicación	Estructura
<p data-bbox="221 292 338 306">Termoformación</p> 	<p data-bbox="412 292 551 350">Entradas de Salsa de Manzana Pudín</p>	<p data-bbox="572 292 799 339">PP/Resina EVOH/PP PP/Resina EVOH/PP HIPS/Resina EVOH/LDPE</p>
<p data-bbox="178 503 309 536">Coextrusión por Inyectado Soplado</p> 	<p data-bbox="412 503 551 623">Salsa de Tomate, Salsas, Mayonesa, Aceites, Comestibles, Jugo, Pesticidas, Agroquímicos</p>	<p data-bbox="572 503 884 579">PP/Resina EVOH/PP LDPE/Resina EVOH/LDPE PP/Resina EVOH/PP PET/EVOH/PETHDPE/Resina EVOH HDPE/Resina EVOH/HDPE</p>
<p data-bbox="185 663 373 678">Perfil Coextruido(tubos)</p> 	<p data-bbox="412 663 551 754">Cosméticos, Farmacéuticos, Tubería de Calentamiento, Condimentos, Pasta Dental</p>	<p data-bbox="572 663 799 710">LDPE/Resina EVOH/LDPE HDPE/Resina EVOH/HDPE LDPE/Resina EVOH/LDPE</p>

(www. Evalva.com)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

La mayor ventaja es la de realizar la combinación de las propiedades de cada resina para poder lograr un envase con características particulares, lo cual permite poder ser utilizado en productos alimenticios, que requiere de propiedades muy especiales (baja permeabilidad a gases, oxígeno etc.)

### **1.8.3 Aspectos de Procesamiento.**

Es importante que al procesar cualquier polímero no se logre una masa completamente homogénea, fundida y bien mezclada. Además de que se debe controlar la temperatura, para minimizar la descomposición térmica del polímero; ya que cuando se llega a sobre pasar la temperatura de extrusión, se suelen producir geles o vacíos en el extruido y por otro lado si la temperatura es muy baja, se obtendría un producto parcialmente fundido y no homogéneo. Esto provocaría un mal aspecto en el extruido. ([www.fivalca.com](http://www.fivalca.com))

### **1.9 TERMOFORMACION.**

Es el método para la fabricación del envase una vez que se obtiene el laminado por coextrusión. En el termoformado, se calienta una preforma que, por lo común, es una lámina del polímero es este caso la lámina coextruida; hasta que se reblandece y luego, se deforma mediante una fuerza que se aplica al molde, donde se enfría. Esta es una técnica donde el comportamiento que predomina es de tracción o de alargamiento. (Morton-Jones 2000)

Cuando se forma un envase se presenta estiramiento longitudinal y circunferencial.

Este proceso de formación es relativamente sencillo cuando se trata de un polímero, como el poliestireno o el polietileno. Sin embargo, cuando se utilizan combinaciones de polímeros es necesario tener en cuenta las propiedades de cada componente.

Debido a que la termoformación es un proceso de orientación y cada polímero tiene unas características de orientación diferentes, es necesario tomar en cuenta las siguientes propiedades de cada polímero:

- Estructura cristalina.
- Grado de cristalinidad.
- Punto de fusión.
- Punto de ablandamiento Vicat.
- Tasa de cristalinidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La deformación de la lámina se debe hacer cuando esté blanda, pero no fundida. Es este aspecto, el procedimiento se asemeja a la extrusión-soplado. Se debe tener resistencia mecánica suficiente con el fin de mantener la coherencia de la lámina; si se sobrepasa el esfuerzo de rotura, se forma un hoyo y se detiene el procedimiento.

Es importante considerar que cuando existe una termoformación se produce una orientación biaxial considerable en el polímero, y esto, como se podría esperar, confiere buenas propiedades al producto: también es la fuente de inestabilidad inherente en el sentido de que las formas que se hacen al vacío son irreversibles. (Morton-jones 2000)

En la actualidad se utilizan dos tipos de termoformación:

a) Formación a presión en fase sólida (SPPF).

La pieza se forma a una temperatura por debajo del punto de fusión lo cual produce:

- Un alto grado de orientación.
- Un incremento en las propiedades mecánicas
- Tendencia a tensiones internas.

b) Formación en fase de fusión (MPF)

La pieza se forma a una temperatura por encima del punto de fusión de los cristales lo cual produce:

- Menos orientación
- Menos tensiones
- Un mayor porcentaje de estiraje y
- Mayor facilidad para la formación.

Existen ciertas variaciones en cada uno de estos tipos de termoformación, como la termoformación rotatoria, la formación sin desperdicios y la formación por dilatación.

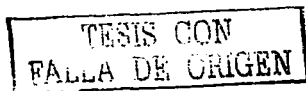
Fero sólo nos enfocaremos en los que se emplean para la formación del envase (EVOH) que se utilizó en la experimentación.

### 1.9.1 Propiedades de los polímeros EVOH para el Termoformado.

a) Propiedades cristalinas.

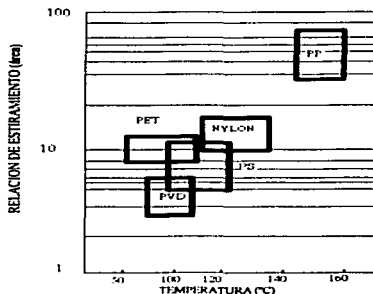
Las resinas EVOH tienen una estructura altamente cristalina monoclinical mientras que la mayoría de la poliolefinas tienen una estructura hexagonal u ortorrómbica, aptas para la termoformación.

La tasa de cristalización es una de las propiedades más importantes que se deben tener en cuenta en aplicaciones SPPF.



b) Propiedades de orientación.

Como se mencionó anteriormente, la termoformación es un proceso de orientación. Los polímeros tienen distintas propiedades de orientación. Al combinar polímeros para producir una estructura multicapa termoformada, esas propiedades se hacen aún más importantes. La gráfica 1 muestra las temperaturas y la proporción del área de estiramiento dentro de la cual los diversos polímeros exhiben sus propiedades. Con relación a la temperatura a la cual se lleva a cabo la termoformación.



Gráfica 1. Relación de estiramiento de algunos polímeros. (www.evalca.com.mx)

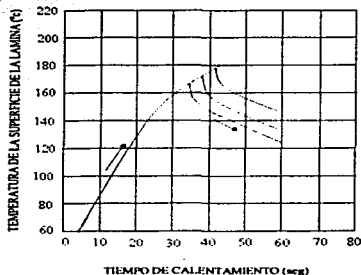
### 1.10 CONSIDERACIONES PARA LA TERMOFORMACIÓN DEL ENVASE EVOH.

#### a) Calentamiento de la lámina.

Un factor crítico para el proceso de termoformación es una distribución pareja de la temperatura a través de la lámina multicapa, las resinas EVOH y los polímeros que se utilizan en conjunto con ellas, son materiales cristalinos.

Para formar un envase con un espesor uniforme en el fondo, es necesario llevar la lámina a una temperatura específica y conservarla hasta que la estructura cristalina de cada uno de los materiales se logre fundir parcial o totalmente. Como se observa en la gráfica 2, que se continúa el tiempo y temperatura de calentamiento, en forma gradual de la lámina hasta que se logra fundir.

La formación en sí de un envase durante el ciclo de enfriamiento, más que en el ciclo de calentamiento, lleva a que el contenedor exhiba mejores propiedades ópticas y de barrera.



**Gráfica 2.** Formación a presión en fase sólida  
(Ciclo de formación) (www.Evalca.com)

## b) Formas del molde y tapón.

### 1. Formación con presión en fase sólida.

La causa más común de grietas diminutas en la capa de la resina EVOH es la orientación y cristalización producida por el primer estiramiento axial en la formación asistida por tapón. Una orientación axial y rápida cristalización llevan a la formación de grietas cuando el recipiente se orienta en sentido circunferencial; para evitar estos problemas se toman las siguientes medidas:

- Utilizar el tapón más grande.
- La forma del tapón debe ser lo más aproximada al molde.
- Las paredes laterales del molde deben ser lo más rectas posible.
- El molde debe ser tan redondo como sea posible.

Esto se ilustra mejor con la figura 2, donde al utilizar un molde más pequeño provoca que se tenga un agrietamiento y al realizar la formación con un tapón que reúne las características antes mencionadas, se obtiene un buen moldeo.

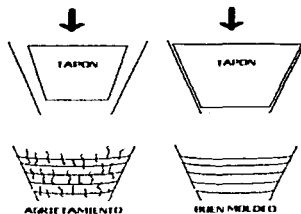


Figura 2. Agrietamiento del envase por el uso de un tapón más pequeño. Fuente propia.

## 2. Formación en fase de fusión.

Para la formación del envase en la fase de fusión se recomienda utilizar tapones más pequeños que el molde. Para una formación en SPPF o en la fase de fusión, la velocidad de tapón, la presión del aire y el tiempo de formación recomendado para los contenedores de una sola capa. También se puede utilizar para los contenedores multicapa con resinas EVOH.

### e) Polímeros acompañantes en (SPPF)

Se recomienda el homopolímero general de polipropileno o los copolímeros de impacto de una tasa de flujo de fusión de 0.5 - 0.8.

Los homopolímeros diseñados para la orientación biaxial tienen un flujo de fusión de entre 1.5 - 1.8; también se prestan para SPPF.

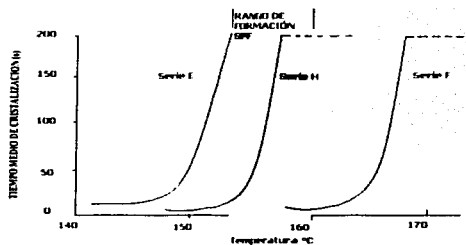
Los polímeros con un punto de fusión de 150-190 °C son aconsejables para obtener las mejores propiedades de estiraje.

Si las capas de una lámina multicapa, no quedan parejas, se puede presentar un agrietamiento durante el ciclo de formación. Por esto para asegurar una buena distribución de la capa y una óptima resistencia de adhesión entre capas, se recomienda utilizar una resina adhesiva con una viscosidad muy parecida a la del polímero que se está empleando.

El SPPF se lleva a cabo por debajo del punto de fusión del polímero utilizado. Un ejemplo es la formación del polipropileno en fase sólida, se lleva a cabo entre 155 - 160 °C, como se observa en la gráfica 3, las resinas EVOH alcanzan una tasa rápida de cristalización dentro de este rango.

#### d) Espesor

La acumulación de tensiones durante la fabricación de una lámina puede ser causa de agrietamiento durante el ciclo de formación. En una lámina multicapa existe una interacción física entre los polímeros acompañantes y capa de resina EVOH, una forma de minimizar la tensión es conservando la relación entre polímeros acompañantes y resina EVOH.



Gráfica 3. Tasa de Cristalización del envase. (www.Evalca.com.)

### 1.11 PROPIEDADES GENERALES DE LA RESINA EVOH.

Las resinas EVOH se caracterizan por su procesabilidad excelente y propiedades sobresalientes de barrera. La clave de este sorprendente equilibrio es la combinación de la relación de copolimerización correcta de etileno y vinil alcohol, la cuidadosa selección del grado de polimerización; en la tabla 5 se observan las diferentes series de la resina EVOH de acuerdo a su porcentaje de etileno así como algunas aplicaciones de estas.

Tabla 5. Porcentaje de Etileno de las diferentes series de la resina EVOH

Resina EVOH	% de etileno	Aplicaciones
Serie I.	27	Película, hoja.
Serie F	32	Película, hojas, botella, tubo.
Serie H	38	Película.
Serie E	44	Película fundida, hoja, revestimiento coextruido
Serie G	48	Películas especiales.

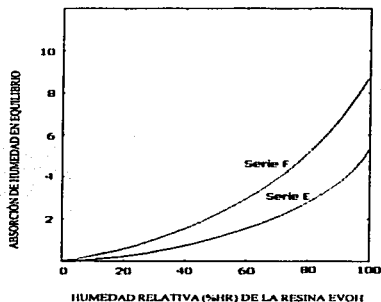
(www.Evalca.com)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### a) Absorción de Humedad y secado de la resina EVOH.

Las resinas EVOH son higroscópicas y adsorben la humedad cuando se exponen a la atmósfera.

La cantidad de humedad adsorbida y la velocidad de la adsorción dependen de la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente. Así como del grado de la resina EVOH, es decir en la grafica 4, se graficaron dos series la F y la E; donde se observa que la serie F, alcanza su humedad de equilibrio al 8% teniendo una temperatura del medio ambiente de 20 °C. esto significa que va a absorber mayor cantidad de humedad.



**Grafica 4.** Absorción de humedad en equilibrio vs. Humedad relativa. ([www.evaica.com](http://www.evaica.com))

Dependiendo del tipo de procesado de fabricación que se utilice, un incremento en el contenido de humedad de las resinas EVOH puede causar dificultades durante el proceso. Se presenta producción de espuma, vacíos y geles cuando aumenta los niveles de humedad.

#### b) Barrera contra Gases.

La propiedad más destacada de las resinas EVOH es su capacidad para ofrecer una barrera a los gases como el oxígeno, el nitrógeno, el dióxido de carbono y el helio. Esta propiedad es especialmente importante cuando se piensa en el empaque de productos alimenticios. La presencia de oxígeno hace que la mayoría de los alimentos se degrade, perdiendo sabor, color y calidad. Por otra parte, los empaques como los de atmósferas controladas, o de atmósferas modificadas depende de que se conserve el gas dentro del empaque para retardar el deterioro.



En otros casos, las excelentes propiedades de las resinas EVOH como barrera permiten al ingeniero el desarrollar un empaque que ofrezca una ventaja en la relación costo/beneficio respecto a los métodos de empaques y envases convencionales.

**c) Barrera contra químico y solvente.**

Las resinas EVOH también ofrecen una resistencia superior a la mayoría de los químicos y solventes, no se disuelven fácilmente en la mayoría de los solventes, incluso a temperaturas elevadas.

**d) Barrera contra aromas y sabores.**

Las resinas EVOH cumplen con los requisitos de la administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos para la aplicación en contacto directo con los alimentos, esta aplicación permite que se utilicen las resinas EVOH para evitar la pérdida del sabor y la absorción de aromas a través de las capas del empaque.

**e) Propiedades ópticas, mecánicas y otras**

La resistencia a la tensión, la rigidez, el estiramiento y las propiedades ópticas son importantes en las aplicaciones de empaques flexibles. La resistencia al calor, la expansión lineal y la rigidez se consideran en el empaque de microchips y otras aplicaciones electrónicas. Incluso en muchas aplicaciones de alimentos se deben tener en cuenta las propiedades térmicas como la conductividad térmica, el calor específico y la resistencia al calor.

## **1.12 VÍAS DE DETERIORO DEL ATÚN.**

### **a) Cambios Autolíticos.**

Se sabe desde hace muchos años que existen por lo menos dos tipos de deterioro en el pescado: bacteriano y enzimático., se ha demostrado que en el bacalao y en el atún aleta amarilla, los cambios enzimáticos relativos a la frescura del pescado precedían y no guardaban relación con los cambios de la calidad microbiológica. En algunas especies (calamar, arenque), los cambios enzimáticos preceden y por lo tanto predominan al deterioro del pescado refrigerado. En otros la autólisis, sumada al proceso microbiano, contribuye en diferentes grados a la pérdida general de la calidad.

Los cambios autolíticos son diversos, esto depende mucho de la época del año, ya que la composición de peces depende de estas.

Por este motivo los cambios que puede sufrir un pez después de ser atrapado pueden ser diferentes, aunque sean de la misma especie.

En la tabla 6 se mencionan algunos de los principales cambios autolíticos que presente el atún, de una forma resumida.

**Tabla 6 .Cambios Autolíticos en el Pescado.**

<b>Enzima (s)</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Cambios encontrados</b>	<b>Prevención/Inhibición</b>
Enzimas glucolíticas	glucógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>· producción de ácido láctico,</li> <li>disminución del pH de los tejidos, pérdida de la capacidad de enlazar agua en el músculo</li> <li>· altas temperaturas durante el <i>rigor</i> pueden ocasionar "desgajamiento"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· el pescado debe pasar por la etapa de <i>rigor</i> a temperaturas lo más cercanas a 0 °C</li> <li>· debe evitarse el agotamiento (estrés) <i>pre-rigor</i></li> </ul>
Enzimas autolíticas, involucradas en la degradación de nucleótidos	ATP ADP AMP IMP	<ul style="list-style-type: none"> <li>· pérdida del sabor a pescado fresco, producción gradual del sabor amargo con Hx (estados finales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· igual que el anterior</li> <li>· la manipulación inadecuada acelera la degradación</li> </ul>
Catepsinas	proteínas, péptidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ablandamiento del tejido dificultando o impidiendo su procesamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· la manipulación inadecuada el almacenamiento y la descarga</li> </ul>
Quimotripsina, tripsina carboxipeptidasas	proteínas, péptidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· autólisis de la cavidad visceral en pelágicos (estallido de vientre)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· el problema se agrava por congelación/descongelación y el almacenamiento en frío prolongado</li> </ul>
Calpaína	proteínas miofibrilares	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ablandamiento, ablandamiento inducido por muda en crustáceos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Remover del calcio para prevenir la activación?</li> </ul>
Colagenasas	tejido conectivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· desgajamiento de filetes</li> <li>· ablandamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· la degradación del tejido conectivo está relacionada con el tiempo y temperatura de almacenamiento en refrigeración</li> </ul>
OTMA desmetilasa	OTMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>· endurecimiento inducido por formaldehído (gáddidos almacenados en congelación)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· temperatura de almacenamiento del pescado &lt; -30 °C</li> <li>· Abuso físico y la congelación/descongelación aceleran el endurecimiento</li> </ul>

Fuente: [www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html](http://www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html)

#### b) Cambios bacteriológicos.

La flora bacteriana en pescados recién capturados depende más del medio ambiente de captura, que de la especie. Los pescados capturados en aguas muy frías y limpias contienen menor número de microorganismos, mientras que el pescado capturado en aguas cálidas presenta recuentos ligeramente superiores. Números muy elevados, por ejemplo  $10^7$  ufc/cm<sup>2</sup>, se encuentran en pescados capturados en aguas muy contaminadas. Muchas especies diferentes de bacterias pueden ser encontradas en la superficie de los peces.

Por este motivo también es difícil predecir el tipo de flora bacteriana presente en el atún.

En la tabla 7 se pueden observar algunos microorganismos presentes en el pescado de acuerdo a una temperatura de almacenamiento y a un método de envasado.

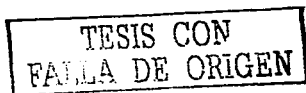
**Tabla 7. Flora bacteriana específicas del deterioro del pescado.**

Temperatura de almacenamiento	Atmósfera de envasado	Microflora dominante	Organismos específicos del deterioro (OED)
0°C	Aeróbica	Bacilos Gram negativos psicrotróficos, no fermentativos ( <i>Pseudomonas</i> spp., <i>S. putrefaciens</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Acinetobacter</i> )	<i>S. putrefaciens</i> <i>Pseudomonas</i> <sup>3</sup>
	Vacío	Bacilos Gram negativos, psicrotróficos o con carácter psicrófilo ( <i>S. putrefaciens</i> , <i>Photobacterium</i> )	<i>S. putrefaciens</i> <i>P. phosphoreum</i>
	EAM <sup>1</sup>	Bacilos Gram negativos fermentativos con carácter psicrófilo ( <i>Photobacterium</i> ) Bacilos Gram negativos no fermentativos psicrotróficos (1-10% de la flora: <i>Pseudomonas</i> , <i>S. putrefaciens</i> ) Bacilos Gram positivos (BAL <sup>2</sup> )	<i>P. phosphoreum</i>
5°C	Aeróbica	Bacilos Gram negativos psicrotróficos (Vibrionáceas, <i>S. putrefaciens</i> )	<i>Aeromonas</i> spp. <i>S. putrefaciens</i>
	Vacío	Bacilos Gram negativos psicrotróficos (Vibrionáceas, <i>S. putrefaciens</i> )	<i>Aeromonas</i> spp. <i>S. putrefaciens</i>
	EAM	Bacilos Gram negativos psicrotróficos (Vibrionáceas)	<i>Aeromonas</i> spp.
20 - 30 °C	Aeróbica	Bacilos Gram negativos mesófilos fermentativos (Vibrionáceas, Enterobacteriáceas)	

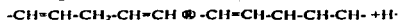
Fuente: [www.pes.fucl.edu.uy/deterioro.html](http://www.pes.fucl.edu.uy/deterioro.html)

**c) Oxidación de lípidos**

La gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados presente en los lípidos del atún les hace altamente susceptibles a la oxidación mediante un mecanismo autocatalítico (como se observa en la figura 3) El proceso



es iniciado mediante la pérdida de un átomo de hidrógeno I de la estructura pentahédrica presente en los ácidos grasos con más de un doble enlace:



El radical lipídico ( $\text{L}\cdot$ ) reacciona muy rápidamente con el oxígeno atmosférico formando un radical peróxido ( $\text{LOO}\cdot$ ), el cual puede nuevamente perder un hidrógeno produciendo un hidroperóxido ( $\text{LOOH}$ ) y un nuevo radical  $\text{L}\cdot$ . Esta propagación continúa hasta que uno de los radicales es removido mediante reacción con otro radical o con un antioxidante ( $\text{AH}$ ) del cual resulta un radical ( $\text{A}\cdot$ ) mucho menos reactivo. Los hidroperóxidos, producidos en cantidades relativamente grandes durante la propagación, son insípidos.

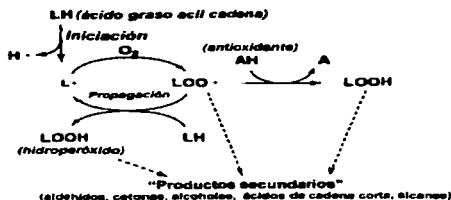


Figura 3. Ruta de la oxidación de lípidos. [www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html](http://www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html)

Los hidroperóxidos continúan dividiéndose, catalizados por iones de metales pesados, hasta la formación de cadenas carbonadas más cortas, que se le llama productos secundarios de la autooxidación. Estos productos secundarios, principalmente aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos carboxílicos originan un extenso espectro de olores y en algunos casos decoloración amarillenta. [www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html](http://www.pes.fuct.edu.uy/deterioro.html)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.**

### **2.1 DESCRIPCION DEL CUADRO METODOLOGICO.**

En la figura 4 se esquematiza el cuadro metodológico, donde se puede observar la secuencia experimental realizada para cubrir los objetivos planteados.

Como una primera etapa durante la experimentación se planteó la caracterización del envase, que comprende una caracterización química, física, mecánica y térmica; para poder conocer las propiedades a modo general que presenta el envase, para su posterior utilización en el envasado del producto alimenticio, donde uno de los puntos de mayor importancia fue el determinar las condiciones para llevar a cabo un sellado hermético.

Una vez realizada la caracterización del envase, se planteó la elaboración y envasado del producto de acuerdo a las condiciones del proceso de elaboración

Para obtener un producto inocuo se sometió a una esterilización, dentro de la cual se establecieron las condiciones óptimas; para que el envase, no sufran ninguna deformación, que altere su aspecto.

Posteriormente se realizó un análisis microbiológico con la finalidad de determinar la inocuidad del producto, y así determinar que el envase ofrece las condiciones para una buena esterilización.

Otro punto que se consideró fue el de simular el comportamiento de manejo del producto, para corroborar las características de resistencia y estibamiento del envase.

Para finalizar se determinó si el envase es viable para el envasado y conservación del producto (atún).

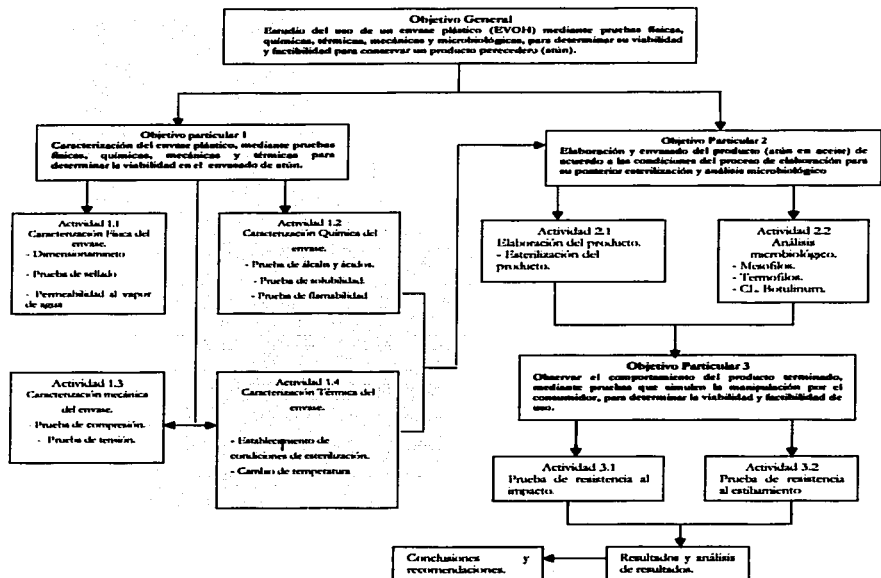


Figura 4. Cuadro Metodológico

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## **2.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### **a) Envase plástico**

Se utilizó un envase plástico con las siguientes características: termoplástico, es elaborado por coextrusión y posteriormente un termoformado; y compuesto por tres capas: PP/EVOH/PP.

Para la experimentación en algunas pruebas solo se tomaron como muestra representativa 3 envases, en la pruebas de mayor importancia se emplearon 5, esto debido a que solo se contaba con 30 envases para poder realizar la experimentación, además de que no se pudieron conseguir más debido a que en México no se elaboran.

### **b) Atún (Thunnus thynnus)**

El atún en estado fresco presenta alteraciones en forma gradual, las principales vías de deterioro del atún son la oxidación de lípidos; debido a la reacción con el oxígeno, exposición a temperaturas elevadas y la degradación de proteínas. Por tal motivo es indispensable que cuando el atún es envasado, el envase presente propiedades de baja permeabilidad al oxígeno, lo que permite que el atún no sufra alteraciones bioquímicas. Por ser un producto muy perecedero se tomó en cuenta para el estudio de las características que presenta el envase.

## **2.3 CARACTERIZACION DEL ENVASE.**

El conocimiento de las características del envase permite conocer prácticamente todas las propiedades de un plástico: propiedades físicas, mecánicas, térmicas, eléctricas, comportamiento frente a agentes ambientales, etc. Estas propiedades dependen de la estructura interna que posean los plásticos, los cuales se pueden clasificar en tres grandes grupos: termoplásticos, termoestables y cauchos o elastómeros.

### **2.3.1 Caracterización Física.**

#### **a) Dimensionamiento**

Esta prueba permite conocer las características propias del envase como un solo ente, e involucran conjuntamente aspectos tales como forma, tamaño, grosor, material, etc., que servirán como parámetro para establecer el comportamiento del mismo frente a esfuerzos físicos tales como los que se presentan durante el transporte, la estiba, etc., o bien, como atributo de calidad del material mismo, es por ello que estas pruebas se incluyen en esta parte del proceso de caracterización.

**Material.**

- Vernier o regla.

**Procedimiento.**

Con el vernier se tomaran todas las medidas de ancho, largo, altura, espesor, para posteriormente sacar el área y el volumen del envase.

**b) Prueba de sellado.**

Con esta prueba se pretende encontrar las condiciones de sellado hermético del envase plástico (Temperatura-tiempo). Además de que se realice la misma prueba pero implementando un vacío.

**Material:**

- plancha
- cronómetro
- película plástica
- envase
- base para sellado
- Autoclave.
- manguera

**Procedimiento:**

Se coloca el envase dentro de la base.

Se enciende la plancha a su temperatura máxima.

Se coloca la película plástica sobre el envase, posteriormente se pone la plancha sobre la película y envase. La temperatura se mantiene constante a 115°C

Se propone trabajar con diferentes tiempos hasta encontrar las condiciones óptimas de sellado.

Una vez que se encontraron las condiciones de sellado se procedió a sellar el envase con el producto modelo, pero además implementando un vacío, esto para poder alargar la vida de anaquel del atún envasado. Esto se realizó aplicando vapor de agua, para desplazar el aire y el oxígeno que tuviera el envase, como se puede observar en la figura 5.





**Figura 5. Sellado del envase**

**c) Prueba de permeabilidad al vapor de agua.**

Esta prueba permite determinar la velocidad a la que el vapor de agua que se transfiere desde la atmósfera hacia el interior del envase. Para ello se procedió de acuerdo a la norma internacional de la Association Systems Test of Materials (ASTM), designación D 895-79 (reaprobada en 1984), *Standard test method for water vapor permeability of packages*.

Para llevar a cabo este análisis se requiere el siguiente material:

- balanza sensible a 1 mg o a una diezmilésima de gramo;
- material desecante;

**Procedimiento:**

Se recomienda que para llevar a cabo esta prueba se elija una habitación o una cámara en donde circule constantemente el aire alrededor de los especímenes bajo prueba. Las condiciones de este deben ser tales que no permitan que se presente condensación en los especímenes. Para determinar la cantidad de vapor de agua es necesario seleccionar un material desecante de alta afinidad al vapor de agua, para lo cual se sugiere el uso de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), ya sea en forma de pequeñas hojuelas o bien en polvo. Pesar los envases vacíos y posteriormente agregar 80 grs. del material desecante posteriormente el envase debe ser sellado de la misma manera en que se sella con contenido normal.

El envase debe ser expuesto a una atmósfera cuya humedad relativa sea la más alta posible, comúnmente se utilizan las siguientes condiciones 25 °C y 75% HR o 38 °C y 90% HR. El vapor de agua que penetre, se cuantifica a través del registro periódico del peso del envase (cada tercer día para envases que se sospeche sean muy permeables al vapor de agua, o bien, cada dos semanas en caso contrario) hasta llegar a un peso constante, evitando en lo posible remover el espécimen de la habitación en que se lleve a cabo la prueba o bien de la cámara. (Pirareviews of Packing 1993).

Los pesos se tomarán cada dos semanas de acuerdo a la siguiente tabla:

Semanas	Peso de envase #1 (g)	% de peso ganado	Peso de envase #2 (g)	% de peso ganado
2				
4				
6				
8				

### 2.3.2 Caracterización química

#### a) Prueba a álcalis y ácidos.

Con esta prueba se estudiara el comportamiento que presenta el envase ante un posible contacto con ácidos y álcalis.

Material.

Ac. Clorhídrico (concentrado)

Hidróxido de Sodio 1N

Trozos del envase plástico.

Vaso de precipitado de 50ml

Espátula

Pipeta volumétrica de 10 ml

Procedimiento.

Agregar 10 ml de cualquiera de los reactivos al vaso de precipitado.

Sumergir un trozo del envase plástico, al contenido del vaso de precipitado y dejarlo por un tiempo de 5, 10, 15 min.

Observar el comportamiento del plástico y anotar posibles cambios que pueda sufrir anotándose en la tabla.

Reactivo	5 min.	10 min.	15 min.
HCl (concentrado)			
NaOH 1 N			

#### b) Prueba de Solubilidad

Esta prueba consiste en determinar el comportamiento del material de estudio frente a diversos solventes y de esta manera poder asegurar el tipo de material del que esta compuesto un envase. Esta prueba se realizo tomado como referencia la norma D 593-95 de la ASTM.

Para llevar a cabo la prueba, se requiere del siguiente material:

- tubos de ensaye
- gradilla
- embudos de separación
- pipetas
- solventes
- tolueno
- acetato de etilo
- formato de amilo
- tetracloruro de carbono
- acetato de amilo
- ciclohexanona
- ácido acético
- ácido sulfúrico;
- cloroformo.

#### Procedimiento:

Se pulveriza 100 gr. de envase se coloca en un tubo de ensayo, se agregan 10 ml del solvente, de cuando en cuando se sacude y se observa durante varias horas. Cuando el material se hincha mucho al principio tardara en disolverse, en estos casos se esperara más tiempo y para poder determinar los polímeros presentes en el envase se realizara de acuerdo a la solubilidad que se observe y se determinara de cual se trata basándonos en el anexo 2.

c) Prueba de flamabilidad.

Esta prueba se lleva a cabo con la finalidad de establecer, en una primera instancia, un posible grupo de materiales plásticos al cual pueda pertenecer el polímero de que está constituido el envase en estudio. Cabe resaltar que este análisis no es exacto en muchos casos, dado que polímeros cuya estructura química se asemeje entre sí, pudieran presentar un comportamiento a la flama y/o combustión similar e incluso igual

Para llevar a cabo la prueba de flamabilidad, se precisa del siguiente material:

- mechero Fisher
- pinzas para crisol
- tubos de ensaye
- pinzas para tubo de ensaye
- papel indicador.

Procedimiento:

Esta prueba se lleva a cabo en dos fases basándose en la norma D635 de la ASTM. La primera de ellas consiste en la exposición directa del polímero a la flama del mechero Fisher, ayudándonos de las pinzas para crisol, registrando los cambios que se presenten en la flama (si es que los hubiere), tales como cambio de color, desprendimientos de chispas, etc., además de escurrimiento, goteo, explosividad o algún otro cambio.

La segunda fase se lleva a cabo sometiendo a calentamiento indirecto al material de prueba en un tubo de ensaye, debiéndose considerar ahora las características de los gases que se desprendan de la combustión, tales como el olor y el pH, ayudándonos para esto de papel indicador, el cual deberá colocarse en la boca del tubo. Esta parte de la prueba también se puede realizar paralelamente a la primera fase, ya que se pueden percibir olores de igual forma, sin embargo, el humo de la combustión directa pudiera ennegrecer el papel indicador, y de esta manera se tendría un registro erróneo. Dependiendo de los resultados en su conjunto se logrará identificar a *grosso modo* el material de que está constituido el envase. La reacción a la flama y las características de los vapores que se desprenden de la combustión de diversos materiales plásticos se resumen en el anexo 1, en donde podremos concluir que tipo de polímeros están presentes en el envase.

### 2.3.3 - Caracterización mecánica del envase

#### a) Pruebas de compresión

Este método está diseñado para llevar a cabo pruebas de compresión en contenedores de plástico tomando como referencia la norma D 695-91 de la ASTM y puede ser empleado para medir la resistencia de los mismos a esfuerzos sobre una o varias de sus caras y/o ángulos. Para el presente estudio sólo se consideró la prueba de compresión vertical descendente aplicada perpendicularmente al área delimitada por la zona abierta del envase así como se observa en la figura 6.

#### Material:

Compresómetro marca United Calibration modelo SSTM-1-EZ

- 4 envases

#### Procedimiento:

La prueba se lleva a cabo colocando la muestra de la manera descrita anteriormente, mientras que el registrador de datos monitoreará el comportamiento del espécimen a lo largo de toda la prueba, registrando los siguientes parámetros:



Figura 6. Prueba de compresión vertical.

**PIC.**-Nombre con el que el compresómetro designa a la fuerza que la muestra soporta inmediatamente antes de que el envase sufra una ruptura.

**BRASTE.**-Magnitud de la fuerza que provoca el menor cambio en las dimensiones del espécimen. Los valores del pic y el braste se leen directamente en el monitor del indicador de extensión.

Los datos obtenidos de la prueba de compresión se establecerán en la siguiente tabla:

Número de envases	Pic (Kg)	Braste (Kg)
1		
2		
3		
4		

Los de resistencia a la compresión (Pa) en la siguiente tabla:

Número de envase	Resultado 1	Resultado 2
1		
2		
3		
4		
Media		

#### b) Pruebas de tensión

Material:

- 5 envases
- máquina universal de deformación marca Instron modelo 254
- mordazas neumáticas;
- indicador de extensión (registrador de datos)

Procedimiento.

Los especímenes deben montarse en el aparato universal de deformación por medio de las mordazas neumáticas, teniendo cuidado de que la muestra quede sujeta correctamente, ya que si la fuerza con la que se sujeta no es la adecuada, los especímenes pueden soltarse durante la prueba, o bien comprimirse a lo largo de la misma, con lo que se tendrán lecturas erróneas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una vez montados, se seleccionará la velocidad a la que deberá trabajar la máquina universal de deformación (10 mm/min.). La máquina universal de deformación ejercerá una fuerza de tensión hacia arriba y hacia abajo simultáneamente, con lo que comenzará a efectuarse la prueba, mientras que el indicador de extensión registrará las gráficas de esfuerzo-deformación para cada una de las muestras, y los valores de los parámetros.

Esta prueba nos permite determinar, a través de un diagrama esfuerzo-deformación; grafica 5, los siguientes parámetros:

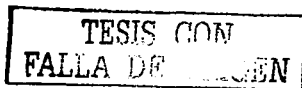
**1-MODULO ELÁSTICO (O DE YOUNG)**, es decir, el cociente entre la tensión aplicada al espécimen entre la deformación que se produce bajo dicha tensión antes de que aquel se deforme permanentemente. Se denota por la letra E y está representado gráficamente por la pendiente de la porción de línea recta en el diagrama esfuerzo deformación (1).

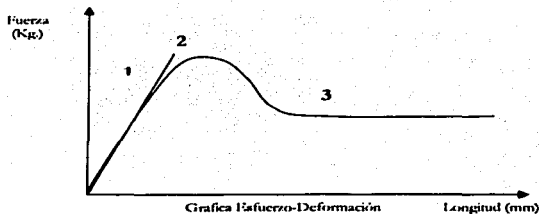
**2-ESFUERZO A LA CEDENCIA**, es decir, la fuerza que es necesario aplicar para que el material se comience a deformar pero sin regresar a su estado original una vez que la deformación permanente ha comenzado (es decir, al superar el módulo de Young). Se denota por  $\eta_c$  y gráficamente se localiza en el punto número 2 de la gráfica esfuerzo-deformación.

**3-DEFORMACION A LA CEDENCIA**. Representa el cambio de longitud sufrido una vez que se ha superado el módulo de elasticidad, es decir, la longitud que se ha alcanzado una vez que se ha alcanzado la deformación permanente. Se denota por  $\delta_c$  y se localiza en el punto número 2 de la gráfica junto con el esfuerzo de cedencia.

**4-ESFUERZO A LA RUPTURA**, es decir, el esfuerzo máximo que soporta el material antes de romperse. Se representa por  $\eta_r$  y se localiza en el punto número 3 de la gráfica.

**5-DEFORMACION A LA RUPTURA**, es decir, la máxima longitud que el espécimen alcanza justo antes de romperse. Se denota como  $\delta_r$  y también se localiza en el punto número 3 de la gráfica esfuerzo-deformación, la cual se muestra a continuación.





Gráfica 5. Gráfica esfuerzo-deformación

Los resultados de esta prueba se colocaran en la siguiente tabla:

Número de espécimen	Módulo de elasticidad $E$ $(N/m^2) \times 10^9$	Deformación a la cedencia $\delta_c$	Esfuerzo a la cedencia $\eta_c$ $(N/m^2) \times 10^7$	Deformación a la ruptura $\delta_r$	Esfuerzo a la ruptura $\eta_r(N/m^2) \times 10^7$
1					
2					
3					
4					
5					

#### 2.3.4 Producto modelo.

a) Investigación de los componentes principales del atún.

Para poder realizar la experimentación y determinar las condiciones de esterilización, fue necesario trabajar con un producto modelo, para lo cual se investigaron los principales componentes del atún, y las posibles alteraciones que sufren.



#### **b) Realización del producto modelo**

Se elaboro el producto a base de proteína y grasa, que son los principales compuestos del atún, para este fin se utilizo caseína (como sustituto de proteína) y simples (como sustituto de grasa), se realizo el producto tomando como referencia una cantidad de 150 gr. de producto y basándose en el porcentaje del atún en aceite comercial.

#### **2.3.5 Caracterización Térmica del envase.**

##### **a) Cambio de Temperatura.**

Esta prueba permite conocer la resistencia que tiene el material ante un posible cambio drástico de temperatura, y las posibles deformaciones que este pueda presentar, además se observo como protege al alimento el envase plástico, ante estos posibles cambios de temperatura.

##### **Material.**

- Refrigerador o congelador (depende de la temperatura a manejar)
- Baño maría
- Termómetro
- Rejilla de asbesto
- Mechero
- Tripie
- Vaso de precipitado 1 lt.

##### **Procedimiento.**

Meter el envase plástico al refrigerador o congelador, medir la temperatura que este presente, dejarlo por un tiempo de 30 min. Para que el envase obtenga la temperatura del refrigerador en todo el envase.

Sacar el envase del refrigerador o congelador y meterlo a baño maría tomando lectura de la temperatura, dejándolo por un tiempo de 30 min.

Observar el comportamiento del material plástico, anotar posibles cambios que este presente.

##### **b) Esterilización del envase plástico.**

Con esta prueba se pudo analizar el comportamiento del envase plástico al ser sometido a presión y temperatura alta, además se observaron las deformaciones que sufrió por un mal sellado y por no realizar un vacío al momento de envasar. Lo único que se cambio fue el tiempo de esterilización como se observa en la

Siguiente Tabla, ya que la temperatura utilizada en la esterilización fue la de las latas comerciales.

**Material:**

- Autoclave
- Mecheros Fisher
- Base de metal
- Mangueras de látex
- Envase plástico

**Procedimiento:**

Llenar con agua destilada la autoclave hasta tres cuartas partes de su llenado.

Meter el envase plástico previamente sellado, en la autoclave. Cerrar la autoclave y permitir que alcance la presión de 1 Kg/cm como se observa en la figura 7, inmediatamente después tomar tiempo, una vez que se alcanza el tiempo se retira del fuego la autoclave y se deja enfriar y se observan los cambios que sufrió el envase con el producto; de igual forma se realiza por cada uno de los tiempos indicados.



**Figura 7.** Esterilización del envase.

Observar el comportamiento del envase, con cada una de los tiempos de esterilización propuestos y anotar los resultados en la tabla.

### Tiempos propuestos para la esterilización

Temperatura 121° C	
Tiempo	
40 minutos	
50 minutos	
60 minutos	
70 minutos	

### Procedimiento para la prueba de vacío.

Esta prueba se realiza con la finalidad de poder esterilizar de una adecuadamente los envases, ya que, al no tener un vacío, quedaba aire atrapado dentro del envase, hace que estos se deformen al aumentar la presión interna del envase, provocando ruptura del sello y derramamiento de producto. Se llevan acabo los mismos pasos que el procedimiento anterior solamente que para poder logra el vacío se inyecta vapor directamente al envase, por medio del vapor obtenido de una autoclave, como se observa en figura 8, esto para poder desplazar el aire que pueda quedar atrapado dentro del envase

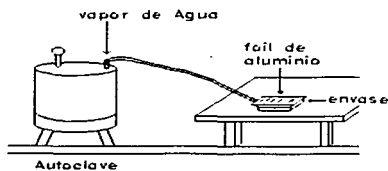


Figura 8. Aplicación de vapor al envase

Los resultados observados se anotaran en la siguiente tabla:

Temperatura 121° C	
Tiempo	
40 minutos	
50 minutos	
60 minutos	
70 minutos	

### 3.0 ELABORACION DEL PRODUCTO.

#### Almacenamiento.

Se conserva el atún en contenedores el cual tiene hielo en escamas dentro del cual este se encuentra a una temperatura de -4°C.

#### Descongelado y lavado.

El atún se saca del contenedor y deja reposar hasta que se descongela a la temperatura ambiente, posteriormente se realiza un lavado en donde se eviscera procurando que quede perfectamente limpio, además aquí se trocea el atún para poner manipular mejor en las siguientes operaciones.

#### Pelado.

Se somete el atún a un calentamiento de 45 °C, ya que este tiene una piel y unas escamas muy firmes; esto para poder quitar la piel fácilmente, ya que de no ser así, al momento de pelar se queda pegada la carne a la piel desperdiciando mucha.

#### Selección.

Después del pelado, se realiza una separación de la carne, dejando solamente la carne de color claro, quitando la carne de color oscuro.

#### Cocción.

La carne seleccionada se somete a una cocción durante 15 minutos a una temperatura de 60 °C en la autoclave.

#### Envasado al vacío.

La carne una vez que sale de la cocción se coloca en el envase, agregando además los 60 grs. de aceite, antes de sellar el envase, se le inyecta el vapor que sale de la autoclave mediante una manguera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Sellado.

El sellado se realiza a una temperatura de la plancha de 115 °C y un tiempo de 15 seg.

### Esterilización.

Se esterilizan los envases a una temperatura de 121°C, un tiempo de 60 min. y una presión de 1 Kg./cm. de la autoclave. Una vez realizado este ultimo paso se dejan enfriar los envases a una temperatura ambiente, posteriormente se realiza un inspección para detectar posible fugas o rupturas del sello del envase plástico.

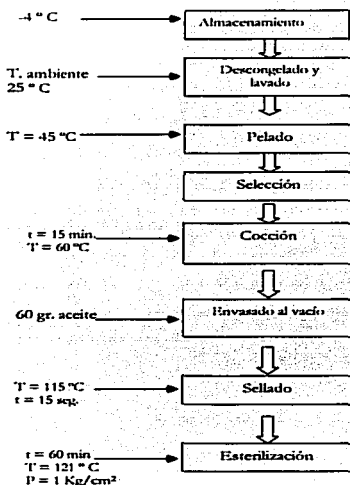


Figura 9. Proceso de elaboración del atún.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### a) Pruebas Microbiológicas

Para este caso se realizó un análisis microbiológico para determinar si el producto, se encontraba exento de *Cl. Botulinum*, y de microorganismos anaerobios como mesófilos y Termófilos para confirmar que las condiciones de esterilización fueron las adecuadas. (60-70 min. a 121 °C, a una presión de 1 Kg./cm<sup>2</sup>)

#### Material:

- tubos de cultivo (45 ml)
- muestras a analizar
- pipetas
- medios de cultivo (*Cl. Botulinum*-Carne cocida, mesófilos y Termófilos-Infusión de hígado de res)
- gradillas
- estufa
- termómetro
- mecheros Fisher
- tripie
- tijeras
- pinzas de cultivo
- autoclave
- balanza
- vidrio de reloj
- espátula
- alcohol
- benzal

#### Procedimiento:

Preparar los medios de cultivo de acuerdo a las especificaciones de cada medio.

Colocar en cada tubo de cultivo el medio.

Se les coloca la tapa y se someten a esterilización de 15 a 20 minutos a una temperatura de 121 °C.

Limpia las muestras con jabón y clarasol.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En el caso del medio de cultivo carne cocida se calentaron los tubos a una temperatura de 95 °C durante 10 min. Posteriormente se enfriaron a una temperatura de 55 °C.

La toma de muestra se realiza de la siguiente manera:

Se abre la muestra con las tijeras y pinzas de cultivo previamente esterilizadas.

Se toma la muestra aleatoriamente y se coloca en los tubos de cultivo aproximadamente como 5 gr. de muestra sólida y 3 ml de muestra líquida.

Posteriormente se incuban los tubos a 35 y 55 °C.

Los resultados obtenidos se colocarán en la siguiente tabla

Pruebas Microbiológicas

Microorganismo	Agar	Temperatura de incubación	Tiempo de incubación	Observación
Cl.Botulinum	Cooked meta			
Mesófilos	Brain Heart infusión			
Termofilos	Brain Heart infusión			

**3.1- Comportamiento del producto terminado sometido a pruebas que simulan la manipulación por el consumidor.**

a) Prueba de resistencia al impacto.

Esta prueba nos permitió conocer la resistencia que tiene el envase lleno ante posibles caídas, y saber si el sellado soporta el impacto como se observa en la figura 10.

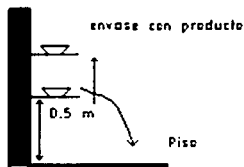
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Material.**

- Flexo metro.
- envases con producto.

**Procedimiento.**

Dejar caer el envase plástico de diferentes alturas (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 m), y anotar el comportamiento del envase y posibles cambios que sufra.



**Figura 10.** Resistencia al impacto a diferentes alturas.

Los resultados observados se colocaran en la tabla siguiente:

Altura (m)	Observaciones
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	



b) Resistencia al estibamiento.

Mediante esta prueba podemos saber cuanto peso puede soportar el envase sin llegar a deformarse el experimento se realizo como se observa en la figura 11.

Material.

- Objetos sólidos de diferentes pesos

Procedimiento:

Colocar sobre el envase, los objetos sólidos de diferentes pesos (1, 2, 3, 4, 5 Kg.) dejarlos por un tiempo de 10, 20,30 min.

Retirar el peso del envase y anotar el comportamiento del envase y sus posibles cambios.

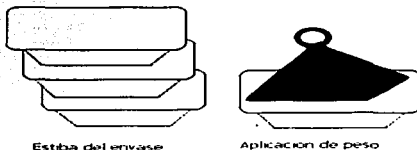


Figura 11. Resistencia al estibamiento.

Los resultados se colocaran en la siguiente tabla:

Peso (Kg.)	Observaciones
1.0	
2.0	
3.0	
4.0	
5.0	

#### **4- ANALISIS DE RESULTADOS.**

##### **4.1 Pruebas físicas**

###### **a) Dimensionamiento.**

Las características dimensionales del envase se enlistan a continuación:

- Largo: 16 cm. externas
- Ancho: 11.5 cm. externas
- Altura: 3.5 cm. externas
- Espesor aproximado: 1.10 mm.
- Área de sellado: 21.36 cm<sup>2</sup>
- Volumen: 400 cm<sup>3</sup>.

###### **b) Pruebas de sellado.**

Para esta prueba se utilizaron cinco envases plásticos, manteniéndose una temperatura constante (115 °C); para esto se implementaron dos métodos:

- 1.- Se mantenía sobre el envase el foil de aluminio, colocándose posteriormente sobre ellos la plancha, en un intervalo de tiempo de 10 – 20 segundos. Al utilizar este método se observó que el envase se deformaba después de un tiempo de 15 segundos; y a tiempos menores de este se tenían un sellado no muy uniforme.
- 2.- En este método primeramente se calentó el foil de aluminio durante un tiempo mínimo de 15 segundos, posteriormente se colocaba este sobre el envase, junto con la plancha y se mantenía por un tiempo máximo de 6 segundos. Aquí no se mostró ninguna deformación además de logro un buen sellado.

Por la experimentación realizada anteriormente se realizó el sellado de los envases mediante el segundo método, bajo las siguientes condiciones:

Temperatura de la plancha = 115 °C

Tiempo de calentamiento del foil = mínimo 15 segundos.

Segundo calentamiento sobre el envase = máximo 6 segundos.

c) Prueba de permeabilidad al vapor de agua

Método Gravimétrico.

Sin duda los métodos gravimétricos pueden ser lentos y los estándares apropiados par el método del plato, define una baja medición limite de  $1\text{g/m}^2 \cdot \text{día}$ .

Esta prueba se realizó con sólo dos envases y se registraron sus pesos durante ocho semanas con un intervalo de dos semanas entre lectura y lectura. Se decidió que este período de tiempo fue suficiente, debido a que después de la octava semana no se presentaron cambios en los pesos de los envases.

A los envases empleados para la prueba se les asignaron los números 1 y 2, cuyos pesos iniciales fueron los siguientes:

Envase 1: 20.2084 g;

Envase 2: 20.2068 g.

Los datos sobre los pesos registrados posteriormente se muestran en la siguiente tabla: (A cada envase se le agregaron 80g de CaCl).

**Tabla 8.** Resultados de prueba de permeabilidad al vapor de agua.

Semanas	Peso de envase #1 (g)	% de peso ganado	Peso de envase #2 (g)	% de peso ganado
2	125.2496	25.0840	124.2451	24.0880
4	125.2494	25.0838	124.2453	24.0882
6	125.2505	25.0849	124.2455	24.0884
8	125.2505	25.0849	124.2455	24.0884

De dichos resultados se puede establecer que prácticamente por cada dos semanas se tenía una permeabilidad de  $25.04\text{ g/m}^2 \cdot \text{semana}$ ; lo que implica que por día apenas de tenía un permeabilidad de  $1.7886\text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ . Esto implica una permeabilidad realmente muy baja, casi cercana a  $1\text{g/m}^2 \cdot \text{día}$ . Y posteriormente se fue estabilizando con la atmósfera hasta ser prácticamente nula.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.2 Pruebas químicas

a) prueba de ácido y álcali.

Al realizar la actividad agregando los 10 ml de cualquiera de los reactivos al vaso de precipitado. Y de sumergir un trozo del envase plástico, al contenido del vaso de precipitado y dejarlo por un tiempo de 5, 10, 15 min.

Se obtuvieron los siguientes resultados, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9 Resultados de la prueba de ácido y álcali.**

Reactivo	5 min.	10 min.	15 min.
HCl (concentrado)	Sin C	Sin C	Sin C
NaOH 1 N	Sin C	Sin C	Sin C

Sin .C = no se observan reacción alguna o cambio evidente en color y forma.

Esto nos indica que el envase no presenta ninguna reacción con estos dos compuestos, por tal motivo no habrá degradación de este ante posible contacto con ácido o álcalis.

b) Prueba de solubilidad

Basándonos en cuadro de solubilidad de los plásticos mas comunes (ver anexo 2) para la identificación de plásticos desconocidos a partir de su solubilidad, se encontró que el material con que se fabricó el envase es soluble en cloroformo, de lo que se concluye que el envase plástico está compuesto por polipropileno (PP).

Sin embargo tomándose en cuenta que el EVOH pertenece a la familia de la poliolefinas, de igual forma que el polipropileno y el polietileno se puede considerar que una parte de la resina EVOH se solubilizo en el cloroformo, siendo esta la del etileno.

Se observo que la superficie de la solución flotaba una pequeña cantidad de materia insoluble, y que aunque al principio se pensó que podría tratarse de polipropileno insolubilizado, se comprobó que se trataba de materia de diferente composición al insolubilizarse en exceso de cloroformo, por lo que tras separarlo por medio de un embudo de separación, se decidió someterlo al mismo procedimiento que el polipropileno para determinar su composición.

El material desconocido se solubilizó en agua, por lo que de acuerdo al Anexo 2 se trata de alcohol vinílico, siendo este un componente que conforma al EVOH.

De acuerdo a lo anterior podemos decir que el envase se conforma por partes de polipropileno, etileno, alcohol vinílico

#### c) Prueba de flamabilidad

Las observaciones que se realizaron en ésta prueba son los siguientes:

-REACCIÓN DE LOS VAPORES: Neutra

-ASPECTO DE LA LLAMA: Luminosa (centro azul)

-OLOR DE LOS VAPORES: Semejante a la parafina (se apaga como una vela)

-OBSERVACIONES: Gotea mientras continua ardiendo.

Dadas las anteriores observaciones y de acuerdo al anexo 1, existen dos tipos de polímeros que presentan un perfil de comportamiento idéntico al del material del envase en la prueba de flamabilidad: el polietileno y el polipropileno, por lo que la composición del mismo se limita a estas dos posibilidades.

### 4.3 Pruebas Mecánicas

#### a) Pruebas de compresión

Para estas pruebas se emplearon sólo cuatro envases, ya que por ser de carácter destructivo, y dado el limitado número de envases-muestra con que se contaba, se decidió llevar a cabo dicha prueba con el menor número de especímenes posible.

Para el análisis de los parámetros compresibles se recurrió a un compresómetro marca United Calibration modelo SSTM-1-EZ. Los resultados de observan en la tabla 10.

**Tabla 10. Resultados de la prueba de compresión**

Número de Envases	Pic (Kg)	Braste (Kg)
1	65	62.8
2	69	65.7
3	65	62.1
4	72	68.9

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La resistencia a la compresión, es un valor que nos indica la fuerza que se requiere para romper o triturar un material, los datos arrojados mostrados en la tabla 10, no indican otra cosa que parámetros de calidad del material, los cuales no es posible comparar. Sin embargo para determinar la resistencia a la compresión, es necesario dividir la carga máxima por la superficie de la muestra.

Largo: .02 m.

Ancho: 0.03 m.

Área: 0.0006 m<sup>2</sup>.

Resistencia a la compresión (Pa) = fuerza(N)/superficie transversal (m<sup>2</sup>)

**Tabla 11. Resultados de resistencia a la compresión**

Número de envase	Resultado 1	Resultado 2
1	1.06 MPa	1.025 MPa
2	1.127 MPa	1.073 MPa
3	1.06 MPa	1.014 MPa
4	1.176 MPa	1.125 MPa
Media	1.105 MPa	1.059 MPa

De dichos resultados podemos decir que en cierta forma tiene una alta resistencia a la compresión ya que se necesita aplicar una fuerza aproximada de 65 – 70 Kg para poder romper o triturar una área transversal de 0.0006 m<sup>2</sup> del envase de plástico.

#### b) Pruebas de tensión

Al realizar las pruebas de tensión se consideraron muestras de cortes longitudinales y transversales, con el propósito de determinar la orientación molecular y el efecto de esta sobre las propiedades ténsiles. En ambos casos, se consideraron cinco muestras por corte. La prueba se realizó con la ayuda de una máquina universal de deformación marca Instron, modelo 254 a una velocidad de 10mm/min.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Tabla 12. Resultados de la prueba de tensión longitudinales.**

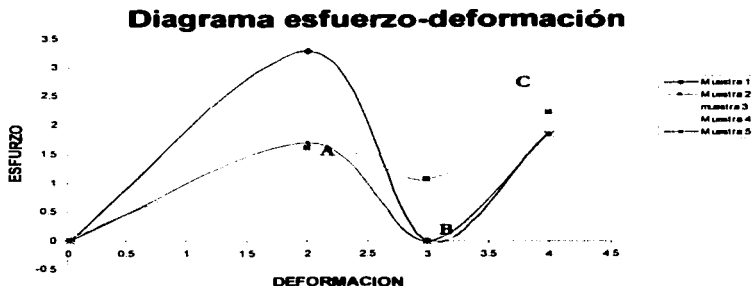
Número de espécimen	Módulo de elasticidad $E$ ( $N/m^2$ ) $\times 10^9$	Deformación a la cedencia $\delta_c$	Esfuerzo a la cedencia $\eta_c$ ( $N/m_2$ ) $\times 10^7$	Deformación a la ruptura $\delta_r$	Esfuerzo a la ruptura $\eta_r$ ( $N/m_2$ ) $\times 10^7$
1	3.2859	0.0128	2.1653	0.3728	1.8684
2	1.5928	0.0240	2.4148	1.0540	2.2291
3	1.5020	0.0185	2.2453	0.3947	1.9094
4	1.9668.	0.0204	2.4413	0.1940	1.2024
5	1.6839	0.0227	2.3689	0.2358	1.8359

**Tabla 13. Resultados de la prueba de tensión transversales.**

Número de espécimen	Módulo de elasticidad $E$ ( $N/m^2$ ) $\times 10$	Deformación a la cedencia $\delta_c$	Esfuerzo a la cedencia $\eta_c$ ( $N/m_2$ ) $\times 10^7$	Deformación a la ruptura $\delta_r$	Esfuerzo a la ruptura $\eta_r$ ( $N/m_2$ ) $\times 10^7$
1	1.6691 $\times 10^9$	0.0313	2.5000	1.6880	1.7333
2	8.9355 $\times 10^8$	0.0472	2.4234	1.8672	2.2400
3	1.0338 $\times 10^9$	0.0397	2.7938	2.1228	2.5789
4	1.1073 $\times 10^9$	0.0520	2.6742	2.1988	2.7109
5	8.9420 $\times 10^8$	0.0507	2.6477	1.7749	1.9638

Para poder comprender de forma más clara lo que implican estos resultados, trataremos de graficar dichos resultados; utilizando los principales indicadores como son: el módulo de elasticidad, deformación de ruptura y esfuerzo de ruptura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Gráfica 3. Gráfica esfuerzo vs. Deformación de un corte longitudinal.

En la gráfica 3, podemos observar que el punto A de las cinco muestras nos representa el límite de elasticidad, es el punto en la curva donde se aumenta la extensión sin incrementar la carga (esfuerzo). Hasta llegar al límite de elasticidad de resistencia del EVOH la fuerza que es aplicada es lineal después del punto A la relación que se da entre la deformación y el esfuerzo ya no es lineal. Al llegar al punto B la gráfica nos representa el punto de rotura; que gráficamente significa el punto en el cual falla el material y se llega a fracturar en dos piezas. El último punto C, nos representa la elongación a la rotura y la resistencia máxima que el material soporta. Por ello a partir de este análisis se puede decir que el EVOH tiene una buena elasticidad de aproximadamente  $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  y una baja deformación es decir se puede deformar fácilmente pero para llegar a una completa rotura del material se necesita aplicar una fuerza mucho mayor de  $2.2 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ .

#### 4.4 Prueba Térmica.

##### a) Cambio de temperatura.

En esta prueba se utilizaron cuatro envases de plástico, la finalidad fue observar el posible cambio que sufre un envase al ser sometido a cambios drásticos de temperatura, sometido a las siguientes condiciones:



Temperatura inicial de envase: -10°C

Temperatura final del envase: 95°C

Tiempo: 30 min. , 1 hr.

Mediante una observación visual, no se mostró ningún cambio físico, en cuanto a su color, dimensiones; no presento agrietamientos, deformaciones. Solamente se presento un ligero ablandamiento, pero después de regresar a la temperatura ambiente, recobraba su dureza. Por regla general los plásticos tienen una buena resistencia al frío. Un ejemplo contrastante es el polietileno que soporta temperaturas de -51°C. Algunos llegan a aguantar temperaturas extremas de hasta -196 °C sin mostrar una pérdida mínima de sus propiedades físicas.

El envase PP/EVOH/PP no es la excepción y se puede asegurar que soporta temperaturas bajas, además que podrá resistir un choque térmico sin sufrir cambios permanentes.

b) Prueba de esterilización. (Producto modelo)

Con esta prueba solo se corrobora que el envase plástico soporto la temperatura y el tiempo de esterilización del envase comercial, además se propuso un tiempo más prolongado de lo normal los resultados se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 14.** Observaciones de la prueba de esterilización.

Temperatura 121° C	
Tiempo	Observaciones
40 minutos	Se presentaron deformaciones del envase, derramamiento de producto, ruptura de sellado.( se puede observar en la figura No 14)
50 minutos	Se presento ruptura del sellado, deformaciones del envase, derramamiento de producto.
60 minutos	Se presento ruptura del sellado, deformaciones del envase, derramamiento de producto.
70 minutos	Se presentaron grandes deformaciones, y ruptura del sellado, derramamiento del producto.

Nota: La experimentación anterior arrojó como resultado, que lo ocurrido en la deformación y ruptura de sellado como se observa en la figura 12 , así como derramamiento de producto fue debido a que no se eliminó el aire contenido en el envase, por tal motivo se propuso realizar un vacío.

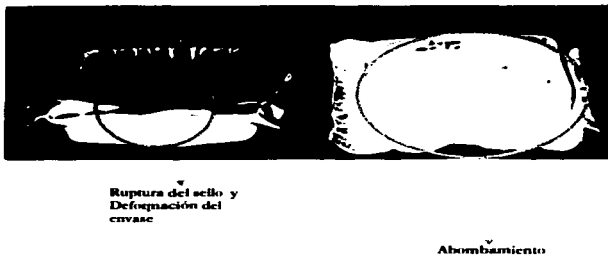


Figura 12. Deformaciones durante la esterilización

c) Resultados de la prueba de Vacío.

Tabla 15. Prueba de Vacío.

Temperatura 121° C	
Tiempo	
40 minutos	ninguna deformación del envase, ni ruptura de se
50 minutos	ninguna deformación, ni ruptura de sello
60 minutos	ninguna deformación, ni ruptura de sello
70 minutos	ninguna deformación, ni ruptura de sello.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Mediante esta prueba se pudo establecer de una manera más fácil las pruebas de esterilización, ya que de no hacerse el vacío los envases se deforman o hay ruptura del sello.

Una vez que se implemento el vacío no hubo ninguna deformación ni ruptura de sello de ningún envase.

#### d) Envasado y esterilizado del producto real.

Una vez que se establecidas las condiciones adecuadas de esterilización y sellado; se realizó todo el proceso de elaboración atún de forma semejante que el comercial. Solo que a nivel laboratorio.

El envasado se realizó con las condiciones que anteriormente se establecieron, lográndose un envasado correcto; además se consiguió obtener el vacío de manera adecuada. Se esterilizo el envase con las condiciones ya antes establecidas (esterilización de 50-70 min. a 121 °C, a una presión de 1 Kg./cm<sup>2</sup>). el envase no sufrió ningún daño por la presión y la temperatura a la que fue sometida, con lo cual se puede asegurar que el producto será un producto estéril.

#### 4.5 Pruebas microbiológicas.

Para dar plena confiabilidad de haber realizado una esterilización correcta, y asegurar que el alimento es inocuo y que tendrá una buena vida de anaquel, los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas fueron los siguientes.

Dada las características de los resultados obtenidos se realizaron en base a la NOM- 120 para productos pesqueros (atún), reportándose ausencia de Clostridium, Mesófilos y Termofilos. Dicha pruebas se realizaron en tubo de acuerdo a las temperaturas y tiempo de incubación. La ausencia de microorganismos mesófilos y termofilos, nos sirve como referencia para saber que las condiciones con las que se elaboro el producto fueron higiénicas.

También son un indicador de que la esterilización se realizo correctamente, ya que estos microorganismos crecen a altas temperaturas.

También nos indican si las condiciones son favorables para el crecimiento de organismos productores de intoxicaciones alimentarias, tales como Cl. Perfringes y Cl. Botulinum.

La ausencia de Cl. Botulinum nos indica que las condiciones de esterilización a las que se sometió el envase fueron las correctas, pero también nos asegura que se elimino todo el aire existente en el envase, lo cual no favoreció al crecimiento de este microorganismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Tabla 16.** Resultado del análisis microbiológico

Microorganismo	Agar	Temperatura de incubación	Tiempo de incubación	Observación
Cf. Botulinum	Cooked meat	55 °C	7-15 días	No hubo crecimiento del microorganismo, ya que no se presentó turbidez en el tubo de ensaye.
Mesófilos	Breain Heart infusión	35 °C	7 días	No se presentó crecimiento del microorganismo
Termofilos	Breain Heart infusión	35 °C	7 días	No hubo crecimiento del microorganismo

#### 4.6 Prueba de resistencia al impacto.

Esta prueba nos permitió simular la manipulación que le da el consumidor a dicho producto sometiendo el envase a caída libre a diferentes alturas donde se obtuvieron las siguientes observaciones:

**Tabla 17.** Resultados de la prueba de resistencia al impacto.

Altura (m)	Observaciones
0.5	No se presentó ninguna deformación, ni ruptura de sello.
1.0	No se presentó ninguna deformación, ni ruptura de sello.
1.5	No se presentó ninguna deformación, ni ruptura de sello. Por lo cual se propuso una altura mayor
2.0	No se presentó ninguna deformación, ni ruptura de sello.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con esta prueba se pudo asegurar que el envase podrá soportar los posibles golpes que puedan suceder durante la manipulación de este, y que no afectaran al producto.

#### 4.7 Prueba de resistencia al estibamiento

Con esta prueba se pudo observar el peso que máximo que soporta el envase con el producto, antes de deformarse los resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

**Tabla 18.** Resultados de la prueba de estibamiento.

Peso (Kg.)	Observaciones
1.0	No presento deformación, ni ruptura del sellado.
2.0	No presento deformación, ni ruptura del sellado.
3.0	No presento deformación, ni ruptura del sellado.
4.0	No presento deformación, ni ruptura del sellado.
5.0	Presento una pequeña deformación de un costado, motivo por el cual ya no se le agregó más peso.

Los resultados indican que el envase podrá ser estibado hasta con un máximo de 5 Kg. Si que se presente alteración alguna de este y del producto, asegurando así al consumidor un producto de buena calidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 5- CONCLUSIONES.

La utilización de dos polímeros para la elaboración de un envase presenta grandes ventajas, ya que cada uno tiene grandes propiedades como en el caso del PP que presenta la resistencia mecánica y térmica; además de que tiene baja permeabilidad al vapor de agua, esto fue indispensable para que el envase pudiera soportar la esterilización sin presentar ningún cambio. Por otra parte el polímero EVOH nos proporciona la baja permeabilidad al oxígeno, que es debe estar ausente en la conservación de productos perecederos como en el caso del atún, para evitar su deterioro.

El envase de PP/EVOH/PP, presentó buenas características, físicas, químicas, mecánicas y térmicas, para ser utilizado como una alternativa de uso para envasar atún.

El envase fabricado con la combinación de resinas PP/EVOH/PP, permite envasar atún, mantenerlo aislado de olores, gases, de luz. También evita la entrada de humedad al producto, provocando que este no se deteriore y por lo tanto prolongar más su vida de anaquel.

Este material permite poder llevar a cabo una esterilización a las mismas condiciones que el envase de hoja de lata, sin sufrir ninguna deformación.

Con lo que respecta a la inocuidad del alimento de posible contaminación por clostridium, las pruebas microbiológicas fueron negativas, es decir ausencia de este microorganismo. Ya que la posible presencia de tal microorganismo hubiera implicado que se realizo una mala esterilización, sin embargo no fue así. Por lo cual se asegura que se realizaron de forma correcta las pruebas de esterilización y vacío.

El envase ya con el producto terminado presentó buenas características de protección, ante posibles caídas y ante una excesiva carga.

En base a todos los resultados podemos asegurar que el envase elaborado por termoformado, utilizando una lámina coextruida de PP/EVOH/PP es apto y viable para conservar atún y cualquier producto perecedero.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ANEXO 1

Comportamiento de los plásticos a la combustión

Comportamiento del material ensayado				Observaciones		
Inflamabilidad	Cambios	Tipo de plástico	Reacción de los vapores	Aspecto de la llama	Olor de los vapores	Varios
Arde con dificultad; autoextinguible al separarlo de la llama	Conserva la forma, después se cuartea y descompone	Resinas fenólicas	Neutra	Luminosa, humosa	Fenol y formaldehído	
Arde en la llama; autoextinguible al separarlo de la llama	Descompone	Caucho clorado	Fuertemente ácida	Ribeteada de verde	HCl y papel quemado	
	Se ablanda primeramente, después se descompone dando un color marrón o negro	Polidoruro de vinilo	Fuertemente ácida	Amarilla naranja, ribeteada de verde	HCl	
	Se ablanda, contrae y funde	Copolímeros de cloruro de vinilo-acrilonitrilo	Ácida	Amarilla naranja (bordes verdes)	HCl	
	Se ablanda	Copolímero de cloruro-acetato de vinilo	Ácida	Amarilla (bordes verdes)	HCl	
	Se ablanda primeramente, después se descompone	Polidoruro de polivinilideno	Fuertemente ácida	Amarilla naranja, ribeteada de verde	HCl	

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**

	dando un color marrón o negro					
	Se funde, descomponse, arde	Policarbonatos	Neutra, inicialmente,	Luminosa, fuliginosa	Nada característico	
Arde en la llama, autoextinguible al separarlo de ella; moderada facilidad de ignición	Funde, gotea, después se descomponse	Poliamidas	Alcalina	Amarilla naranja, ribeteada de azul	Semejante a cuerno o a pezuña quemada	
Arde en la llama; autoextinguible al separarlo de ella; facilidad de ignición	Funde, forma gotas	Triacetato de celulosa	Ácida	Amarilla oscura, fuliginosa	Ácido acético	
Arde en la llama, continua al separarlo de ella; dificultad de ignición	Se ablanda, funde, gotea	Tereftalato de polietileno	Neutra	Amarilla naranja, fuliginosa	Dulce, aromático	
Arde en la llama, continua ardiendo al separarlo de ella; dificultad o facilidad a la ignición	Funde, forma gotas	Poliétileno	Neutra	Luminosa (centro azul)	Semejante a la parafina (se apaga como una vela)	<b>Gotea mientras continua ardiendo</b>
		Polipropileno	Neutra	Luminosa (centro azul)	Semejante a la parafina (se apaga como una vela)	<b>Gotea mientras continua ardiendo</b>
	Arde pero no funde	Poliésteres (cargados con vidrio)	Neutra	Amarilla luminosa, fuliginosa	Olor acre	Ester no cargado se ablanda, arde uniformemente
Arde en la llama, continua ardiendo después de separarlo; fácilmente inicia la combustión	Se ablanda	Poliestireno	Neutra	Luminosa, fuliginosa	Dulce (estireno)	Copolímeros, similar
		Poliacetato de vinilo	Ácida	Amarilla oscura, luminosa, algo fuliginosa	Ácido acético	
	Se ablanda, zona de	Caucho natural	Neutra	Amarilla oscura fuliginosa	Caucho quemado	



	quemado pegajosa					
	Funde y descompon	Poliacrilatos	Neutra	Luminosa, algo fuliginosa	Típicamente picante	
		Poisobutileno	Neutra	Luminosa	Semejante ligeramente a papel quemado	
	Funde y forma gotas, las cuales continúan ardiendo	Acetato-propionato de celulosa	Ácida	Amarilla oscura, algo fuliginosa, chisporroteo	Ácido propiónico, acético, y papel quemado	
	Funde, carboniza	Metil celulosa	Neutra	Amarilla verdosa	Ligeramente dulce, papel quemado	
	Funde, gotea, arde rápidamente, carboniza	Acetato de celulosa	Ácida	Amarilla verdosa, chisporroteo	Ácido acético, papel quemado	
	Arde rápida y completamente, se descompone, carboniza	Producto similar al celofán	Neutra	Brillante, semejante al papel quemado	Papel quemado	
Arde en la llama rápidamente, continúa después de separarlo; muy fácilmente inicia la combustión	Arde rápida y completamente	Nitrocelulosa y celuloide	Fuertemente ácida	Brillante, vapores pardos	NO <sub>2</sub> (el celuloide también olor de alcanfor)	

Fuente: Kruse/Lange 1970. Introducción al análisis químico de los plásticos. Ed Blume. Pág. 17

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ANEXO 2**

**Solubilidad de los plásticos más comunes.**

Plástico	Soluble en:	Insoluble en:
Celulosa Regenerada	Reactivo de Schweitzer	Disolventes orgánicos
Esteres de Celulosa	Esteres, cetonas	Hidrocarburos alifáticos
Acetato de Celulosa	Acido fórmico, ácido acético, cloruro de metileno.	
Nitratos de Celulosa	Hexametil triamida de ácido fosforito.	
Caucho clorado	Esteres, cetonas, aceite de linaza, tetracloruro de carbono, tetrahydrofurano.	Hidrocarburos alifáticos.
Poliesteres clorados	Ciclohexanona	Acetato de etilo, dimetilformamida, tolueno.
Policlorobutadieno	Hidrocarburos halogenados	Alcoholes, esterés.
Policloruro de vinilo	Dimetilformamida, tetrahydrofurano	Alcoholes, hidrocarburos.
Policloruro de vinilideno	Acetato de butilo, dioxano, cetona, tetrahydrofurano.	Alcoholes, hidrocarburos.
Estireno, butadieno	Acetato de etilo, benceno, cloruro de metileno.	Alcoholes, agua.
Resinas naturales	Esteres, alcoholes, benceno, esterés, hidrocarburos halogenados	Bencina
Caucho natural	Hidrocarburos halogenados, hidrocarburos	Alcoholes, bencina, esterés, cetonas
Resinas fenólicas moldeadas	Bencilamida (a 200°C)	
Poliálcohol vínllico	Formamida, Agua	Alcoholes, esterés, benceno, hidrocarburos, cetonas
Poliámidas	Acido fórmico, fenoles, trifluorocetanol.	Alcoholes, esterés, hidrocarburos
Policarbonatos	Ciclohexanona, dimetilformamida, cresol, cloruro de metileno.	Alcoholes, bencina, agua.

TESIS CON  
FALLA DE REGISTRO

Poliésteres	Alcohol bencílico, hidrocarburos nitrados, fenoles.	Alcoholes, esterés, hidrocarburos.
Polisopropeno	Benceno	Alcoholes, bencina, esterés, cetonas.
Poliétileno	Dicloroétileno, tetralina, xileno.	Alcoholes, bencina, esterés, hidrocarburos halogenados.
Polipropileno	Cloroformo, tricloroétileno, decalina.	Alcoholes, bencina, esterés
Poliestireno	Acetato de etilo, benceno, cloruro de metileno.	Alcoholes, agua.
Poliuretano.	Dimetilformamida	Esterés, alcoholes, bencina, benceno, agua.
Poliacetato de vinilo	Hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos clorados, cetonas, metanol.	Bencinas.
Poliálcohol vinílico	Formamida, agua.	Esterés, alcoholes, esterés, bencina, benceno, cetonas, hidrocarburos.

Fuente: Kruse/Lange 1970. Introducción al análisis químico de los plásticos. Ed Blume. Madrid España. Pag. 20

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6- Bibliografía

- 1.-[www.omega.ilce.edu.mx:300/ciencia/volumen2/ciencia3/087/htm](http://www.omega.ilce.edu.mx:300/ciencia/volumen2/ciencia3/087/htm).
- 2.-[www.fao.org/docrep/V71805/V7180505.htm](http://www.fao.org/docrep/V71805/V7180505.htm)
- 3.-[www.pes.fuist.edu.uy/deterioro.htm](http://www.pes.fuist.edu.uy/deterioro.htm)
- 4.-[www.atexport.org/pages/info/alterpes.htm](http://www.atexport.org/pages/info/alterpes.htm)
- 5.-[www.consumer.revista.com/ene98/analissol.html](http://www.consumer.revista.com/ene98/analissol.html)
- 6.-[www.plasunivers.es/pu/60/R60Pncaracte.htm](http://www.plasunivers.es/pu/60/R60Pncaracte.htm)
- 7.-[www.reuplasmod.com/revista/feb01/articulo6.htm](http://www.reuplasmod.com/revista/feb01/articulo6.htm)
- 8.-[www.gulame.net/flash/plasticos.html](http://www.gulame.net/flash/plasticos.html)
- 9.-[www.Eyalka.com](http://www.Eyalka.com)
- 10.-[www.semarnap.gob.mx](http://www.semarnap.gob.mx)
- 11.- Krause and Lange. (1970) "Introducción al análisis químico de los plásticos." Editorial Blume.
- 12 • Gianni Bodini, Franco Carchi Pessinni. "Moldes y máquinas de inyección para la formación de plásticos". Tomo I. 2da edición. Editorial McGraw-Hill.
- 13 • Martínez Acovedo Eduardo Jaime. (1984) "Perfil técnico económico de los polímeros Vinilo, Estireno, Etileno. Facultad de Química. Tesis
- 14 • Morton-Jones. (2000) "Procesamiento de Plásticos" Editorial Limusa S.A. de C.V., México
- 15 • Valero Velarde Georgina (2001) "Prefactibilidad técnica de un envase de plástico rígido para envasar atún en aceite". Cuautitlan Izcalli Edo. de México. Tesis.
- 16 • Zdzislaw E. Sikorski. (1994) "Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación". Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- 17 • Norman N. Potter. (1980) "La ciencia de los alimentos" Editorial Edutex, S.A., México, DF.
- 18 • Borgess C.L. Cutting. (1971) "El pescado y las industrias derivadas de la pesca." Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- 19 • Vivakdi Dolores Ma. (1995) "El mundo del envase".
- 20 • Ludorff W. (1973) "El pescado y los productos de la pesca". Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- 21 • Primo Yufera E. (1987) "Química Agrícola III" Editorial Alambra, México, DF.
- 22 • Madrid A. (1994) "tecnología del Pescado y productos del mar" Editorial Madrid.

- 23 • Vidales Giovannetti Ma. Dolores. (1999) "El envase en el tiempo" Editorial trillas, México, DF.
- 24 • Jay M. James. (1994) "Microbiología Moderna de los Alimentos" Editorial Acríbia, S.A., Zaragoza, España.
- 25 • Desrosier N.W. (1999) "Elementos de Tecnología de Alimentos" Editorial CECSA.
- 26 • Richardson L. Ferry. (1996) "Industrial plastics theory and application" Editorial Delmar Publishers Inc.
- 27 • Hersom A.C., Hulland E.D. (1980) "Conservas Alimenticias" Editorial Acríbia S.A., Zaragoza, España.
- 28 • Compiled by the APHA. Technical committee on microbiological methods for foods (1992) "Compendium of methods for the microbiological examination of foods" 3ª edición, Editorial American Public health Association, Washington, E.U.
- 29 • Kruse/ Lange.(1970)"Introduccion al analisis quimico de los plasticos". Editorial Blume Madrid España.