

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“CONTROL DE CALIDAD EN UNA EMPRESA DE  
EMPAQUES FLEXIBLES”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:**

**ROSARIO HUANACO CHOQUEHUANCA**

LIMA – PERÚ

2014

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado:

A Dios

Por haberme guiado y permitido realizar satisfactoriamente mi carrera profesional y sigue colmándome de bendiciones.

A mi padre

Por su ejemplo de responsabilidad, constancia y perseverancia que siempre inculco en mi, además de su apoyo constante.

A mi madre

Por sus consejos, su amor incondicional y la confianza que siempre tiene en mi.

A mis hermanos

Por siempre estar acompañándome en cada etapa de mi vida.

## **RESUMEN**

El presente informe tiene como objetivo hacer conocer diversos conceptos sobre los procesos, sustratos, materiales utilizados en el proceso de la industria del empaque flexible y el control de calidad que se realizan a los sustratos y las diferentes etapas del proceso productivo para la obtención del empaque flexible.

En detalle los capítulos de este informe se resumen en lo siguiente:

Capítulo 2: Introducción teórica al mundo de los empaques flexibles, lo que incluye una breve reseña histórica. Se describen los requisitos y propiedades que deben cumplir los materiales utilizados para la producción de los empaques.

Además se incluyen fundamentos teóricos de los procesos de extrusión, impresión, se describen los procesos de impresión flexográfica y rotograbado; el proceso de laminación, los tipos de laminación.

Capítulo 3: Se detalla los procedimientos utilizados para realizar los ensayos según las metodologías descritas indicando los parámetros medidos. Se plantea la descripción de los ensayos por cada proceso.

Capítulo 4: Se reporta finalmente los resultados obtenidos en los ensayos de control de calidad, evaluando comparativa los resultados obtenidos y la implicancia del control de calidad en la industria del empaque flexible.

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. CONCEPTOS GENERALES.....	3
2.1. Funciones del Empaque Flexible.....	3
2.2. Características principales del Empaque Flexible.....	4
2.3. Materiales empleados en la producción del Empaque Flexible.....	6
2.4. Etapas del proceso de producción del Empaque Flexible.....	9
2.4.1. Extrusión.....	9
2.4.2. Impresión Flexografica.....	11
2.4.3. Impresión Rotograbado.....	14
2.4.4 Laminación.....	18
2.5. Productos obtenidos en el proceso de Extrusión.....	21
2.5.1. Polietileno.....	21
2.5.2. Polipropileno.....	24
III. CONTROL DE CALIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES.....	25
3.1. Ensayos de Características del Empaques Flexible.....	26
1.2. Ensayos realizados en el proceso de Extrusión.....	27
1.2.1. Determinación del Espesor.....	27

3.2.2.	Determinación de la Tensión Superficial .....	29
3.2.3.	Determinación del Encogimiento Térmico en polietilenos .....	29
1.3.	Ensayos realizados en el proceso de Impresión .....	32
1.3.1.	Determinación de la Adherencia de Tinta.....	32
1.3.2.	Determinación de la Resistencia del Impreso al Rasguño.....	34
1.3.3.	Determinación del Olor – Prueba Organoléptica.....	36
1.3.4.	Determinación de la Resistencia del Impreso a la grasa .....	37
1.3.5.	Determinación de la Resistencia del Impreso al detergente....	38
1.3.6.	Determinación de la Resistencia del Impreso al peróxido de Hidrógeno.....	40
1.3.7.	Determinación de la Resistencia del Impreso a la luz visible.	42
1.4.	Ensayos realizados en el proceso de Laminación.....	43
1.4.1.	Determinación del Coeficiente de Fricción.....	43
1.4.2.	Determinación de la Resistencia del Laminado al calor.....	46
1.4.3.	Determinación de la Fuerza de Adhesión.....	49
1.4.4.	Determinación de la Fuerza de Sello.....	51
1.4.5.	Determinación del Gramaje.....	53
1.4.6.	Ensayo de Tracción y Elongación.....	54
1.4.7.	Ensayo del Impacto al Dardo.....	55
IV.	EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
1.1.	Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación .....	58
1.2.	Resultados del Ensayo de Coeficiente de Fricción.....	63

1.3. Resultados del Ensayo de Impacto .....	71
1.4. Resultados de Fuerza de Adhesión.....	73
1.5. Resultados de Resistencia del Impreso al peróxido de hidrógeno....	74
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	77
VII. ANEXOS.....	78

## INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1: Variación de Propiedades de Permeabilidad y Transferencia de Vapor del polietileno con la densidad .....	23
Tabla 2: Métodos de ensayo.....	26
Tabla 3: Expresión de resultados determinación de la adherencia.....	33
Tabla 4: Expresión de resultados resistencia al rasguño.....	35
Tabla 5: Expresión de resultados pruebas organolepticas .....	37
Tabla 6: Expresión de resultados determinación del impreso a la grasa .....	38
Tabla 7: Expresión de resultados determinación del impreso al detergente.....	39
Tabla 8: Expresión de resultados determinación de la resistencia del impreso al peróxido .....	41
Tabla 9: Expresión de resultados determinación de la luz.....	42
Tabla 10: Condiciones de ensayo prueba resistencia laminado al calor.....	47
Tabla 11: Expresión de resultados determinación de la resistencia del laminado al calor.....	48
Tabla 12: Datos de materiales utilizados .....	57

Tabla 13: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de L1.....	58
Tabla 14: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de L2.....	59
Tabla 15: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de L3.....	59
Tabla 16: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de BOPP 20.....	60
Tabla 17: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de BOPP 30.....	60
Tabla 18: Resultados de evaluación del Ensayo de tracción y elongación de Nylon 25.....	61
Tabla 19: Resultados de Coeficientes de Fricción de L1.....	64
Tabla 20: Resultados Coeficientes de Fricción de L2.....	64
Tabla 21: Resultados Coeficientes de Fricción de L3.....	65
Tabla 22: Resultados Coeficientes de Fricción de BOPP 20.....	65



Tabla 23: Resultados Coeficientes de Fricción de BOPP 30.....	66
Tabla 24: Resultados Coeficientes de Fricción de Nylon 25.....	66
Tabla 25: Resultados de Resistencia al Impacto al dardo.....	72
Tabla 26: Resultados de Fuerza de adhesión.....	73
Tabla 27: Resultados de Evaluación de Resistencia del Impreso al Peróxido.....	75

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Esquema del Extrusor y sus componentes.....	10
Figura 2: Proceso de obtencion de la lamina de polietileno.....	11
Figura 3: Secuencia de impresión en el sistema Flexografico.....	12
Figura 4: Sistema de Impresión Flexografico .....	14
Figura 5: Sistema de Impresión Rotograbado.....	17
Figura 6: Esquema del sistema Laminación sin solvente.....	19
Figura 7: Esquema del sistema Laminación con solvente.....	21
Figura 8: Medición del espesor en una lamina .....	28
Figura 9: Medidor de espesor.....	29
Figura 10: Equipo para la evaluacion del termoencogimiento de las laminas.....	31
Figura 11: Tempertaura del baño de silicona .....	32
Figura 12: Determinación de la adherencia de tintas....	34
Figura 13: Equipo para la evaluación del deslizamiento .....	45

Figura 14: Equipo para la evaluación del laminado al calor.....	48
Figura 15: Toma de muestras para la evaluación de fuerza de adhesión.....	50
Figura 16: Equipo para la evaluación de la fuerza de adhesión final .....	50
Figura 17: Equipo para la evaluación del gramaje.....	54
Figura 18: Configuración de dardos y pesas.....	56
Figura 19: Recipiente de soporte con protector.....	56

## INDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: Variación de la Resistencia a la tracción.....	62
Gráfico 2: Variación de la Elongación del material .....	63
Gráfico 3: Variación de Coeficientes de Fricción estáticos externos (laminaciones).....	67
Gráfico 4: Variación de Coeficientes de Fricción cinéticos externos (laminaciones).....	67
Gráfico 5: Variación de Coeficientes de Fricción estáticos internos (laminaciones).....	68
Gráfico 6: Variación de Coeficientes de Fricción cinéticos internos (laminaciones).....	68
Gráfico 7: Variación de Coeficientes de fricción estáticos plast/plast (material).....	69
Gráfico 8: Variación de Coeficientes de fricción cinético plast/plast (material).....	69
Gráfico 9: Variación de Coeficientes de fricción estático Met C/T (material).....	70

Gráfico 10: Variación de Coeficientes de fricción cinético Met C/T (material).....	70
Gráfico 11: Variación Resistencia del Impacto al dardo.....	74
Gráfico 12: Variación de Fuerzas de adhesión de Laminaciones.....	75

## I. INTRODUCCIÓN

La industria del empaque flexible ha tenido un gran desarrollo en los últimos tiempos, existe una inmensa diversidad de aplicaciones del empaque y estos llevan consigo la variedad de sustratos y materiales que se tienen es por ello que la laminación, uno de los procesos de elaboración del empaque flexible, es muy importante porque permite unir dos o más sustratos con características similares o diferentes para dar como resultado un material que exhibe propiedades muy superiores, esto hace posible el poder ofrecer una mayor variedad de estructuras posibles de empaque. Por lo cual se podrá decir que cualquier producto tiene una laminación específica para él.

Para un mejor conocimiento de la industria del empaque flexible se hará un resumen de los diferentes procesos para la obtención del producto final.

Los alimentos han sido envasados o empacados en muy diversas maneras desde hace miles de años. Sin duda lo primero que el hombre aprendió a envasar fue el agua, y lentamente esta práctica se extendió a otros productos porque los mantenía limpios, secos, no se contaminaban con otros elementos, hacía fácil el transporte e impedía que los insectos u otros animales los consumieran. La experiencia también enseñó que el envasado ayudaba a preservar los alimentos al protegerlos de agentes ambientales dañinos como el agua, el aire o la luz.

Hasta comienzos de este siglo, los envases de alimentos eran esencialmente rígidos (frascos, latas, bidones, barriles); y se fabricaban básicamente apelando al uso de metales (predominantemente acero) y vidrio.

Aunque habían existido varias experiencias exitosas de envasado de caramelos y golosinas en papel y láminas de estaño, la técnica del envase flexible todavía no había demostrado su potencial para llevar un producto al mercado de manera segura y además atractiva al consumidor.

Es en 1911 que puede considerarse que nace la industria de los envases flexibles. Simultáneamente en Francia y en Alemania se desarrolla el proceso de fabricación de una lámina de celulosa regenerada: el conocido celofán.

Una propiedad muy importante de los materiales de envasado flexibles es la barrera, tanto al vapor de agua como al oxígeno, que de alguna manera cuantifica el grado de protección que tendrá el producto envasado frente a estos agentes. Entre los materiales de mayor uso se encuentra los plásticos, los mismos que pueden ser procesados por coextrusión o por laminación.

La industria del empaque flexible ha desarrollado varios métodos experimentales para evaluar las propiedades intrínsecas del material. Los métodos de medición de estas propiedades han sido desarrollados y actualizados por organizaciones como la ISO y ASTM. Estos métodos se pueden clasificar de acuerdo a las propiedades que miden en cada uno de los ensayos.

## II. CONCEPTOS GENERALES

La principal diferencia entre un empaque tradicional y un empaque flexible, radica precisamente en la cualidad de este último de no ser rígido, además por el tipo de materiales usados, se logra una mejor protección de sus contenidos. Entre los materiales rígidos y semirrígidos que se usan actualmente encontramos al vidrio, el cual es en algunos casos, insustituible, ya sea por las características del contenido, o por cuestiones de imagen de producto. Otro importante material para envases rígidos es la hojalata, pero en muchos casos es sustituida por el aluminio y también por materiales compuestos y flexibles.

El envase flexible en la actualidad se encuentra constituido principalmente por los plásticos o combinaciones de estos materiales con otros.

### 2.1. Funciones del Empaque Flexible

Entre las funciones del empaque flexible tenemos las siguientes:

**Contener:** Un empaque debe ser capaz de contener, evitando que el producto se pierda, ya sea por permeabilidad, o por vía de salida del mismo; debe aislar al producto del medio donde se encuentra, además de facilitar el medio de transportación.

**Proteger:** El empaque además debe proteger el producto de contaminación alguna evitando el daño o degradación. Esto permite mantener en buenas condiciones físicas, químicas, así como su sabor, olor y color característico del producto por un tiempo determinado.

**Suministrar:** El producto al consumidor final un producto de igual calidad a la de los productos frescos o recién preparados.



Comunicar: El empaque debe comunicar las características del producto, facilitando así la identificación de su contenido tanto, informando datos como cantidad, tipo, modo de uso e instruye al consumidor la preparación del producto en caso de necesitar indicaciones especiales.

Diferenciar: Identificar al fabricante, su marca y calidad. Esto facilita las preferencias del consumidor, además permite apreciar los beneficios del mercadeo. En la actualidad estas funciones son muy importantes debido a la fuerte competencia entre productos, la misma que desarrolla otros campos como el mercadeo y mejora también los estándares de calidad para atraer a los consumidores.

Para determinar la función del empaque debemos considerar los parámetros que requiere el producto, entre los que mencionaremos los siguientes:

- Naturaleza del producto, es decir su composición y su forma de actuar ante agentes externos.
- El tamaño y la forma
- El peso y la densidad.
- Su fragilidad
- Su dureza
- Efecto de la humedad y la temperatura, como afecta al producto.
- Compatibilidad con el producto, evitando alteraciones por el tipo de material de empaque.

## 2.2. Características principales del Empaque Flexible

Los envases flexibles deben cumplir una misión fundamental: preservar el producto en su interior desde el momento en que es envasado, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento en que es abierto por el consumidor.

Muchas de las propiedades deseables obtenibles de los envases flexibles están íntimamente relacionadas con las propiedades de los plásticos.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones a los empaques, a continuación se mencionaran algunas propiedades importantes.

a) Resistencia mecánica a la tracción.

Esta propiedad frecuentemente determina la cantidad material plástico que se necesita para formar la pared de un envase.

b) Resistencia mecánica a la perforación

Muchos productos envasados tienen aristas cortantes y puntas agudas; por ejemplo galletas, fideos, bocaditos. El material de envase debe ser mecánicamente resistente al efecto destructivo de estas formas características de ciertos productos envasados, cediendo elásticamente ante el efecto de perforación, sin romperse ni deformarse.

c) Resistencia mecánica a bajas temperaturas

Una gran parte de alimentos envasados tienen que mantenerse refrigerados, cuando no congelados, para llegar en óptimas condiciones de preservación al consumidor.

d) Barrera

Una de las funciones primarias de un convertidor es la de proveer envases con las bajas permeabilidades posibles a los gases y vapores, al oxígeno, a la luz, a los aromas.

e) Sellabilidad

Todos los empaques flexibles deben ser cerrados de alguna manera, y la gran mayoría lo son por termosellado. Este es un proceso en el cual una de las capas que componen el conseguir su fusión y luego es mantenida en contacto con la

superficie opuesta, de similar constitución, hasta que las dos capas solidifiquen formando una única capa.

#### f) Imprimibilidad

El uso del envase para promocionar y describir al producto es una muy importante herramienta de mercadeo. Los gráficos, el texto, la disposición de las figuras en el envase, tienen que estar reproducidos de manera muy precisa y atractiva.

#### g) Versatilidad de fabricación

Todos los plásticos de uso corriente pueden ser convertidos en películas delgadas, fuertes y transparentes.

#### h) Durabilidad

Como el vidrio, los plásticos no se oxidan y son inertes al ataque de la gran mayoría de agentes ambientales comunes, con excepción de los rayos ultravioleta.

#### i) Costo

Por último, y no menos importante, tenemos el costo del envase, que es en muchos casos el factor que decide entre un tipo de envase y otro.

### 2.3. Materiales empleados en la producción del Empaques Flexible

La inmensa variedad y disponibilidad de materiales con diversas propiedades permite al fabricante de envolturas flexibles diseñar un tipo de material de envase para cada aplicación.

El de uso más difundido es el polietileno de baja densidad. La lámina hecha de este material es suave al tacto, flexible y fácilmente estirable, tiene buena claridad, provee una barrera al vapor de agua pero es una pobre barrera al oxígeno. No tiene olor o sabor que pueda afectar el del producto empaçado, y es fácilmente sellable por calor.

## Polipropileno

Es el plástico de menor densidad utilizado en aplicaciones de envasado. El polipropileno biorientado, es mucho más transparente que el polietileno de baja densidad, además de ser más rígido y resistente. Posee menor permeabilidad a los gases y a la humedad y tiene un punto de fusión más elevado, haciéndolo útil en aplicaciones de empaqueo a altas temperaturas.

El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero y copolímero), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos.

### Características:

- Optima relación Costo / Beneficio.
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones comerciales, como, los empaques flexibles.
- Buena procesabilidad: es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm<sup>3</sup>), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad, lo cual puede ser utilizado para la protección de diversos alimentos.
- Buenas propiedades organolépticas, químicas, de resistencia y transparencia.

## Poliéster

Es un material muy importante de envasado por sus excepcionales características mecánicas y dimensionales a alta temperatura.

Es muy transparente y tiene mejores propiedades de barrera al oxígeno y al dióxido de carbono que todos los materiales vistos anteriormente. No es termosellable, por lo que en envases flexibles no se le utiliza solo sino como componente en estructuras multicapa.

### Poliamidas

Es el nombre técnico del conocido nylon. Es una lámina clara, termoformables, fuertes en un amplio rango de temperaturas, con buena resistencia química y muy buenas propiedades de barrera al oxígeno y a otros gases, aceites y aromas, pero muy pobre al vapor de agua. Es muy resistente, y tiene sobresalientes propiedades de resistencia a la perforación y al rasgado, aún a altas temperaturas.

### Polímeros especiales

Son plásticos de aplicación muy específica cuando se requiere de características excepcionales de barrera, sobre todo al oxígeno.

### Lamina de aluminio

Este material es insustituible cuando se requiere una protección completa del producto. Se le utiliza esencialmente como lámina de barrera a los gases y a la luz; además proporciona al material de envase una atractiva apariencia metálica. La lámina de aluminio se utiliza como componente de estructuras de varias capas.

### Películas metalizadas

Las láminas metalizadas contienen una capa extremadamente fina de aluminio, la misma que actúa para aumentar de gran manera las características de barrera del material, además de brindar una apariencia con brillo metálico. Debido a que la capa es muy delgada, esta no afecta las propiedades mecánicas como la fuerza de flexibilidad.

La metalización toma lugar en una cámara especial al vacío. Se vaporizan partículas de aluminio en un crisol a 1700 °C, y se condensa en la lámina a metalizar a medida que se enfría. El espesor de la capa de aluminio es de una millonésima de pulgada. El espesor se controla por la velocidad del film y la temperatura del metal. A mayor temperatura del metal se alcanza un espesor mayor.

Las propiedades de barrera de una lámina metalizada se acercan mucho a las láminas de aluminio. Las laminas metalizadas con un costo y espesores menores han reemplazados las laminaciones metálicas de la industria de empaques.

#### 2.4. Etapas del proceso de producción del Empaque Flexible

La fabricación de un envase flexible consta de pocas o varias etapas de conversión, según sea la complejidad del envase. Vamos a ver algunas de las operaciones básicas de conversión:

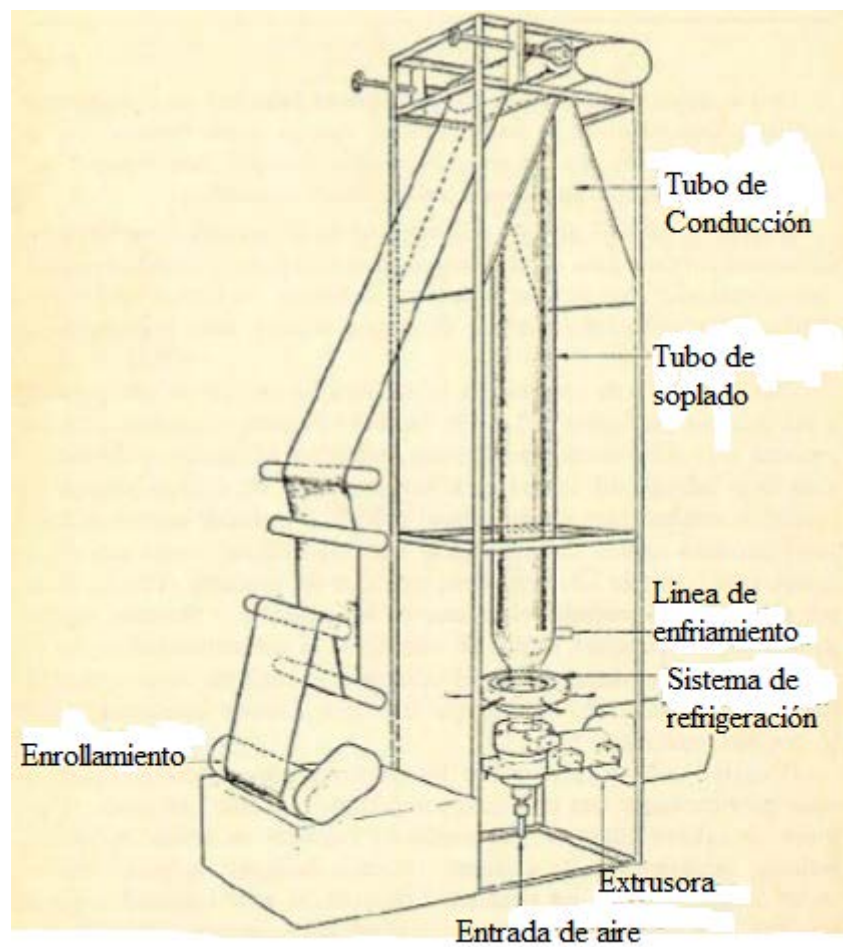
##### 2.4.1. Extrusión

Proceso de transformación de una resina plástica en película, las máquinas extrusoras constan de un cilindro y un tornillo donde se funde la resina por acción de la fricción y temperatura, luego la masa fundida es empujada hacia un cabezal formando la burbuja, finalmente se embobina en rollos.

Este proceso se puede definir como aquel mediante el cual una masa de resina fundida es formada en un perfil anular (tubular), para simultáneamente estirarla y enfriarla, hasta alcanzar el estado sólido. Hay que señalar que en este proceso se da una orientación biaxial, es decir, una orientación axial debido al estirado de la película y una dirección transversal producto del soplado de la misma. Estas dos orientaciones afectan las propiedades mecánicas de la película, por lo que el entendimiento del comportamiento del proceso es sumamente útil y explica la gran variedad de productos comerciales que se pueden obtener a partir del mismo.

El proceso de extrusión de película tubular puede describirse como una operación en la que una extrusora funde, dosifica, mezcla y bombea el material plástico a la sección de formado, que consiste en un cabezal con una boquilla de salida que proporciona al material fundido la forma de un perfil el cual, al ir saliendo a través de la boquilla, es inflado por medio de la introducción de aire por el cabezal, de manera que se forma una burbuja caliente que es enfriada por un flujo de aire a

alta velocidad, suministrado por el anillo de enfriamiento. Esta burbuja se sigue enfriando, hasta que pasa a través de los rodillos de colapsamiento, donde es aplastada para formar una película plana, la cual progresa abajo en la línea gracias a otros rodillos y finalmente, es embobinada.



**Figura 1:** Esquema del Extrusor y sus componentes

Fuente: Tecnología de los plásticos.com



**Figura 2:** Proceso de obtención de la lamina de polietileno

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2. Impresión Flexográfica

La flexografía es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresas de la forma están realzadas respecto de las zonas no impresas. La plancha, llamada cliché o placa, es generalmente de ftopolímoro (anteriormente era de hule vulcanizado) que, por ser un material muy flexible, es capaz de adaptarse a una cantidad de soportes o sustratos de impresión muy variados. La flexografía es el sistema de impresión característico, por ejemplo, del cartón ondulado y de los soportes plásticos. Es un método semejante al de un sello de imprenta.

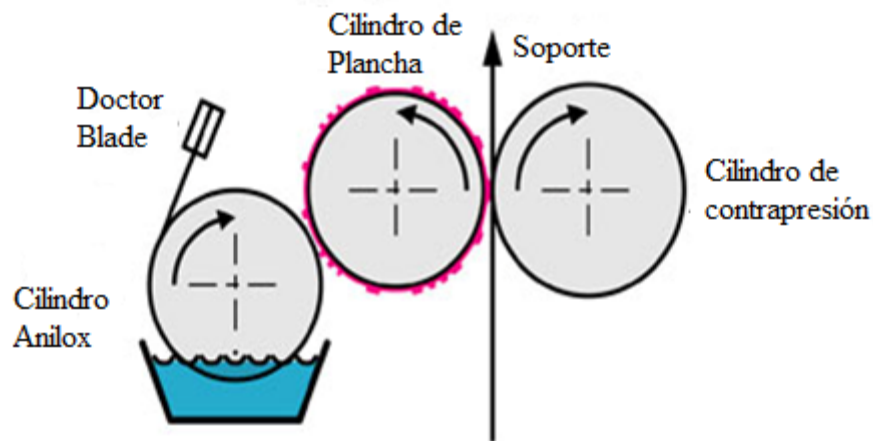
En este sistema de impresión se utilizan tintas líquidas caracterizadas por su gran rapidez de secado. Esta gran velocidad de secado es la que permite imprimir volúmenes altos a bajos costos, comparado con otros sistemas de impresión. En



cualquier caso, para soportes poco absorbentes, es necesario utilizar secadores situados en la propia impresora.

Las impresoras suelen ser rotativas, y la principal diferencia entre éstas y los demás sistemas de impresión es el modo en que el cliché recibe la tinta. Generalmente, un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado anilox. El anilox, por medio de unos alvéolos o huecos de tamaño microscópico, formados generalmente por abrasión de un rayo láser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o cliché. Posteriormente, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir.

La cantidad de tintas que pueden ser utilizada va desde una hasta diez, incluyendo diferentes tipos de acabados como barnices (de máquina, alto brillo o ultravioleta), laminación plástica y estampado de película.



**Figura 3:** Secuencia de impresión en el Sistema Flexográfico.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de flexografía es característico para la impresión de etiquetas autoadheribles en rollo, las cuales se pueden imprimir en papel, películas y plásticos.

La flexografía es uno de los métodos de impresión más usado para envases, desde cajas de cartón corrugado, películas de plásticos (polietileno, polipropileno, poliéster, etc.) bolsas de papel y plástico, hasta la impresión de servilletas, papeles higiénicos, cartoncillos plegadizos, periódicos, etc.

Este proceso permite la impresión desde uno a diez colores, en el caso de que se utilicen materiales transparentes, se hace indispensable el uso del color blanco, a comparación del offset, el blanco se obtiene del soporte del papel la mayoría de veces, motivo por el cual se usa la cuatricromía, en el caso de la flexografía es muy común el uso de colores preparados por ejemplo si se realiza un producto con fotografía, éste se imprime en ocho colores, el blanco, cyan, magenta, amarillo, negro (para la foto), negro (para el código de barras y el texto) y dos colores más para realizar fondos saturados, entre estos pueden estar el dorado.

#### Secuencia del proceso de impresión flexografica

Se prepara una plancha, la imagen va en forma invertida. Las zonas que se imprimen van en relieve.

Se ajusta la plancha al cilindro plataforma o portaplancha.

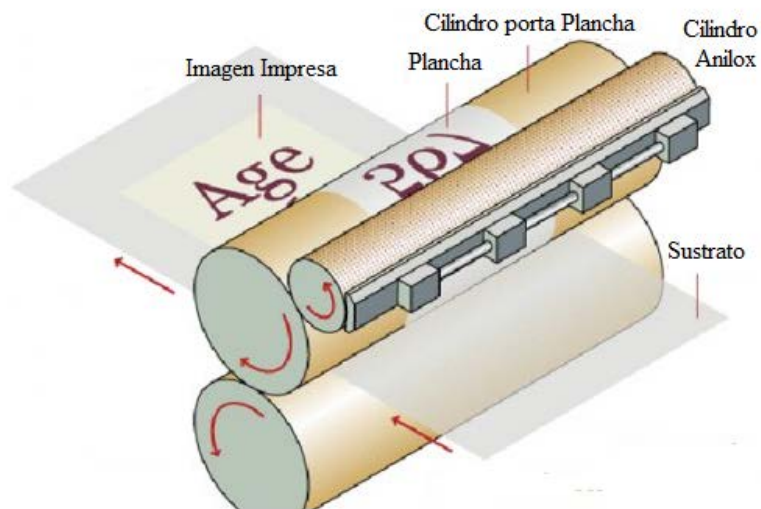
Se engancha el sustrato al sistema.

Un cilindro de cerámica o acero (cilindro anilox) cubierto por miles de huecos, recibe la tinta.

Al girar el cilindro anilox entra en contacto directo con la plancha, proporcionándole tinta en las zonas de relieve, las zonas bajas quedan secas.

La plancha ya entintada entra en contacto con el sustrato. El cilindro de impresión sirve para mantener el sustrato en su posición.

El sustrato recibe la imagen de tinta de la plancha saliendo ya impreso, el tipo de tintas utilizadas facilita su rápido secado, también es frecuente el uso de ventiladores.



**Figura 4:** Sistema de Impresión Flexográfica

Fuente: Red Gráfica.com

#### 2.4.3. Impresión Rotograbado

El proceso de rotograbado o también llamado huecograbado es un método de transferencia directa para imprimir en sustratos con fibra de pasta de madera, sintética o laminada, como:

- Películas plásticas de poliéster, polipropileno y polietileno.
- Papeles
- Cartón
- Laminas de aluminio

Las rotativas de rotograbado modernas utilizan un cilindro de impresión que ha sido grabado con miniceldas capaces de retener la tinta y cuyo tamaño y patrón reflejan la imagen requerida. Estas celdas se ven obligadas a ceder su tinta directamente al sustrato al combinar la presión con el efecto de la capilaridad, produciendo así la imagen impresa.

La matriz impresora típica del rotograbado es el cilindro de impresión, que consta básicamente de un cilindro de hierro, una capa de cobre sobre la que se grabará el motivo a ser impreso, y una capa de cromo que permite una mayor resistencia o dureza durante el proceso de impresión (la capa de cobre es muy frágil y se rompería con gran facilidad durante el proceso).

Los procedimientos de grabado en rotograbado se clasifican, según el método de actuación del grabador sobre la plancha, en procedimientos de grabado directo, en los que la imagen sobre la plancha se consigue realizando incisiones sobre el metal con diferentes materiales (al buril, punta seca y media tinta), y procedimientos de método indirecto (aguafuerte, aguainta, barniz blando, tinta china con azúcar), en los que se utilizan productos químicos, generalmente ácidos, para marcar la plancha.

El sistema de grabado (denominando grabado a la incisión de pequeñas oquedades, encargadas de transferir la tinta en la capa de cobre) más extendido actualmente es una cabeza de diamante, dirigida desde un ordenador, que se encarga de grabar la figura que se transferirá posteriormente al impreso mediante repetidos golpes. Cada cilindro tiene diferencias en su grabado que dependen del color y de la imagen que debe transferir. Estas diferencias se ven reflejadas por la lineatura, el ángulo de grabado de la trama y el porcentaje de puntos.

La prensa rotativa imprime directamente a partir de un cilindro de cobre tratado con ácido y que utiliza una tinta al agua de secado rápido. A medida que gira el cilindro pasa a través de un baño de tinta y es raspado posteriormente por un fleje de acero llamado racleta, dejando de esta forma la tinta sólo en los pozos del área

con imágenes. De este modo la tinta es absorbida por la superficie del papel cuando entra en contacto con la placa.

El sistema de aplicación de tinta en este sistema consta de un original, para ser impreso, se descompone en los cuatro colores: cian, magenta, amarillo y negro. Para cada uno de los colores se utiliza un cilindro de impresión, encargado de transferir al soporte la tinta correspondiente. La suma de cada uno de los colores da como resultado final la imagen del original.

Una estación de rotograbado puede utilizar tantos cilindros como se requiera (adicional a los colores primarios) dependiendo la complejidad de la imagen a imprimirse o en el caso de colores o tonos muy específicos.

La tinta es transferida al soporte impreso en el proceso de pasaje entre el cilindro de impresión y el cilindro de contrapresión. Para ello, el cilindro de impresión se sumerge rotando en el tintero. Esta tinta penetra en los alvéolos del cilindro de impresión, el excedente de tinta es barrido por una racla (lamina de acero) y cuando el papel pasa a través de este cilindro y el de contrapresión, la tinta es transferida al soporte.

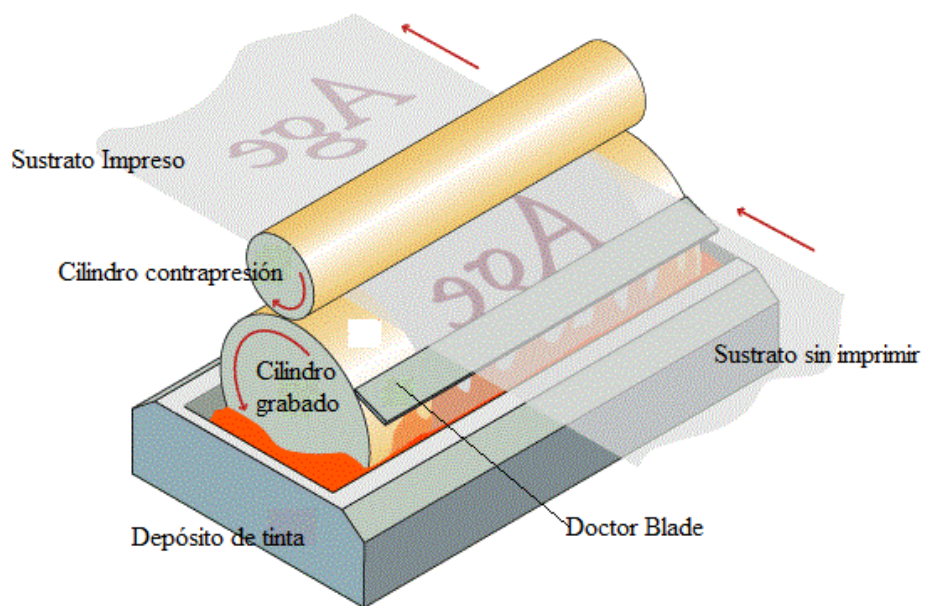
El soporte pasa inmediatamente por un túnel de secado, donde se inyecta aire caliente a presión, que evapora los solventes contenidos en la tinta dejando un residuo que se compone básicamente de una resina, encargada de fijar los pigmentos al soporte y que dan color al impreso y otros aditivos como plastificantes y endurecedores.

El proceso, denominado habitualmente impresión en huecograbado, se utiliza en la fabricación de embalaje alimentario y no alimentario, así como para etiquetas, papeles pintados e impresión de transferencia, y tiene otras muchas aplicaciones en los segmentos de la impresión de seguridad, industrial y el tabaco.

Durante el proceso de impresión en rotograbado, el cilindro de impresión gira en el interior de la cubeta de tinta, donde las celdas grabadas se llenan de tinta. A

medida que el cilindro sale de la cubeta al girar, la rasqueta elimina el exceso de tinta. Al continuar girando, el cilindro entra en contacto con el sustrato, que es presionado contra él por el rodillo de impresión cubierto de goma.

Gracias a la presión del rodillo y la capilaridad del sustrato, se produce la transferencia directa de la tinta desde las celdas del cilindro de impresión a la superficie del sustrato. A medida que el rodillo de impresión regresa al interior de la cubeta de tinta, el área impresa del sustrato pasa a través de un secador y se introduce en la siguiente unidad de impresión, que normalmente es un color diferente o un barniz o recubrimiento.



**Figura 5:** Esquema de Impresión Huecografada

Fuente: Red Gráfica.com

#### 2.4.4. Laminación

Laminación es el proceso por el que dos cuerpos inicialmente separados (denominados adheridos o sustratos) son unidos por fuerzas intermoleculares, la unión de dos o más sustratos con características similares o diferentes para dar como resultado un material que exhibe propiedades muy superiores a las de los sustratos componentes, mejorando de manera significativa la performances de los materiales al combinarlos consigo mismo o con otros materiales. Esto hace posible el poder ofrecer una mayor variedad de estructuras posibles de empaques.

Dos superficies sólidas pueden ser unidas usando una sustancia, generalmente líquida, denominada adhesivo, que es distribuido entre los dos adheridos. Los adhesivos pueden ser formados de sólidos en si mediante calentamiento y presionándolos firmemente entre sí. Alternativamente, el adhesivo puede ser formado usando un solvente para disolver la interfase permitiendo un mejor mezclado. Normalmente, la fuerza se genera a medida que los materiales se solidifican. Los adhesivos de uso casi universal en empaques flexibles son a base de poliuretano, y su acción adhesiva se consigue por la mezcla de dos componentes: el adhesivo propiamente dicho y una sustancia correactante. Una vez aplicada la mezcla sobre los sustratos a unir, ambos componentes reaccionan en el tiempo, endureciéndose y generando enlaces mecánicos y químicos sobre las superficies en contacto.

La manera en la que el adhesivo es aplicado permite diferenciar entre las técnicas de laminación:

##### a) Laminación sin Solvente

En este caso el adhesivo es llevado a las condiciones de aplicación - básicamente viscosidad - mediante el uso de calor. De esta manera, se tienen adhesivos considerados 'fríos'; su temperatura de trabajo está alrededor de los 40 - 50 °C, y adhesivos 'calientes' - de mayor peso molecular - que son trabajados a 55 - 70 °C.

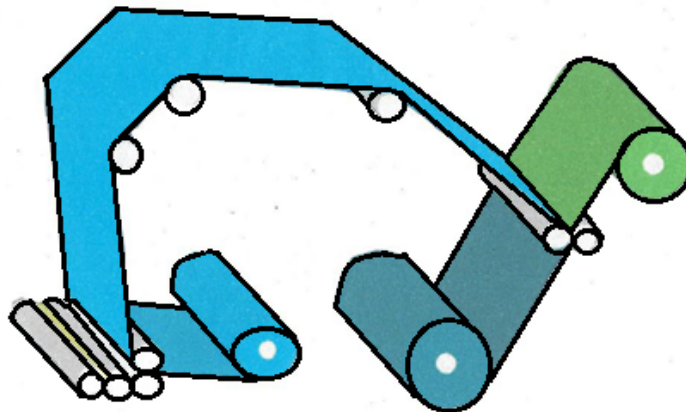
En ambos casos, los valores de adhesión que se consiguen son elevados y comparables a los conseguidos con adhesivos con solvente. Como no hay solventes que extraer, no se requiere una cámara de secado.

Debido a la ausencia de solventes, estos adhesivos son ideales para laminaciones que van a contener productos alimenticios.

Los adhesivos ‘fríos’ son adecuados para aplicaciones de poca exigencia. Por ejemplo, productos secos y en polvo, y laminaciones del mismo sustrato.

Los adhesivos ‘calientes’ en razón de su mayor peso molecular se adecúan a aplicaciones más exigentes, como laminaciones de laminas de aluminio contra polietileno.

En la figura podemos ver de manera esquemática una máquina laminadora para adhesivos sin solvente. Es más compacta que la laminadora para adhesivos con solvente, ya que no se requiere una cámara de secado, que es por lo general bastante larga.



**Figura 6:** Esquema del sistema de Laminación sin solvente

Fuente: Elaboración propia



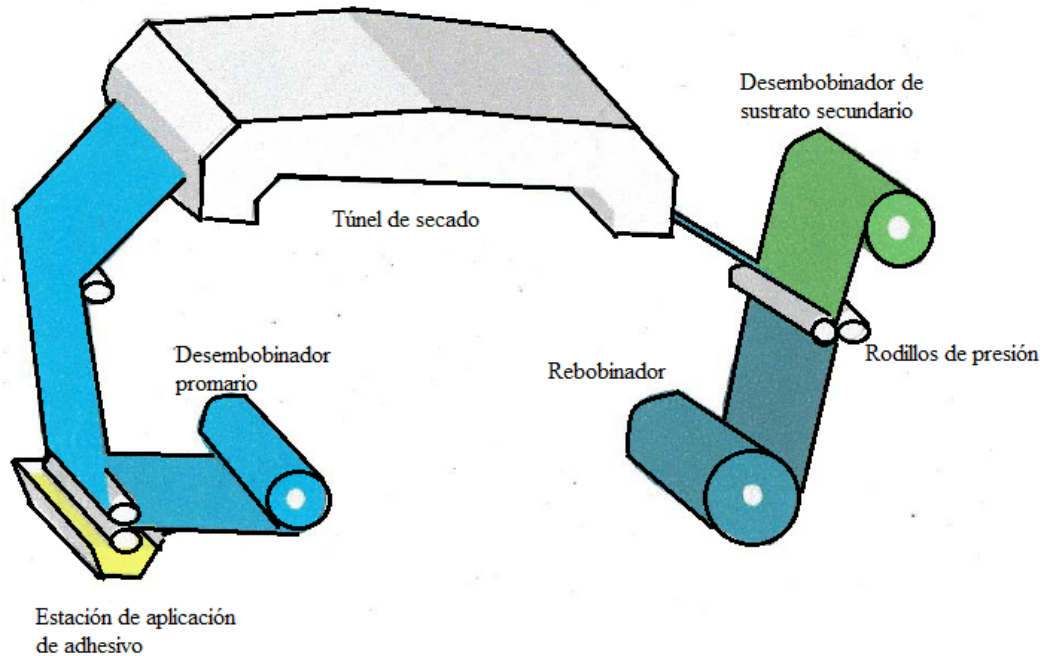
### b) Laminación con solvente

Los adhesivos empleados en este tipo de laminación son de alto peso molecular, altamente viscosos, pegajosos y con fluidez casi nula. Para poder conseguir que el adhesivo llegue a humectar adecuadamente el sustrato sobre el cual es aplicado, se requiere diluirlo con solventes. Esto permite disminuir su viscosidad- o lo que es lo mismo, aumentar su fluidez - de tal manera que su aplicación sobre el sustrato puede realizarse en cantidades controlables y a velocidades productivas

Por su alto peso molecular, son químicamente muy estables e inertes. El excelente desempeño de estos adhesivos los hace insustituibles en el envasado de productos agresivos – por lo general productos líquidos de limpieza personal y limpieza doméstica - y en laminaciones críticas de sustratos como BOPP o PET impresos contra láminas de aluminio. Mecánicamente permiten conseguir elevadas fuerzas de adhesión entre los sustratos laminados.

En la figura se aprecia un diagrama esquemático de una laminadora con solventes, con una explicación de sus partes principales:

El sustrato sobre el cual se aplicará el adhesivo es soportado en el desembobinador primario. El sustrato es transportado hacia la estación de aplicación del adhesivo, donde éste humecta la superficie del sustrato en cantidades controladas. Una vez aplicado el adhesivo con el vehículo que es el solvente, se requiere extraerlo. Esto se consigue haciendo pasar el sustrato por una cámara de secado en la que se insufla una corriente turbulenta de aire caliente. El aire caliente evapora al solvente, extrayéndolo del adhesivo. El aire ya saturado con los vapores del solvente es llevado hacia afuera de la cámara. Mientras tanto, el sustrato con el adhesivo ahora pegajoso también sale de la cámara y se une mecánicamente, mediante presión y temperatura, con el segundo sustrato, que proviene del desembobinador secundario. Esta unión se lleva a cabo en los rodillos de laminación. El material combinado es llevado hacia el embobinador, que va conformando una bobina que se retira de la máquina una vez que se llega a un diámetro determinado.



**Figura 7:** Esquema del sistema de Laminación con solvente

Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Productos obtenidos en el proceso de Extrusión

En el proceso de extrusión se obtienen varios productos (láminas) que van a ser utilizados en las siguientes etapas de producción del empaque flexible.

### 2.5.1 Polietileno

El polietileno es con seguridad el material más utilizado hoy en día en aplicaciones de empaque; el de uso más difundido es el polietileno de baja densidad. Posee una estructura ramificada, parcialmente cristalina y es

termoplástico, es obtenido bajo altas condiciones de presión y temperatura mediante un proceso de polimerización por radical libre.

El polietileno de baja densidad tiene una baja cristalinidad entre 40 a 60 % y consecuentemente una baja densidad entre 0,91 a 0,94 g/cm<sup>3</sup>. La lámina hecha de este material es suave al tacto, flexible y fácilmente estirable, tiene buena claridad, provee una buena barrera al vapor de agua. No tiene olor o sabor que pueda afectar el del producto empacado, y es fácilmente sellable por calor.

Tiene innumerables aplicaciones en el empaque de alimentos como lámina sola en el envasado de cereales, avena, arroz, azúcar, verduras frescas, productos de panificación y como capa sellante en estructuras multicapa.

El polietileno de alta densidad esta en segundo puesto entre los plásticos de mayor uso en la industria del embalaje. Son producidos de la polimerización del etileno, pero tienen una estructura casi lineal, diferente a la estructura ramificada de los polietilenos de baja densidad. Esta propiedad causa una mejor habilidad para cristalizarse, obteniendo un empaque más compacto de moléculas, motivo de mayor densidad.

El polietileno lineal es otra forma de polietileno, que combina la excelente termosellabilidad del polietileno de baja densidad con una resistencia y tenacidad superiores. Es muy utilizado como capa sellante, porque permite realizar sellos fuertes inclusive con contaminación de producto.

Los copolímeros del polietileno son resinas plásticas especiales que son básicamente utilizadas como capa sellante en aplicaciones críticas como envasado de líquidos, por ejemplo aceite, o productos en polvo muy fino.

La familia de los polietilenos tiene muchas propiedades en común. La tabla 1 muestra las relaciones entre las propiedades, pesos moleculares y densidades.

**Tabla 1:** Variación de Propiedades de Permeabilidad y Transferencia de Vapor del polietileno con la densidad

Densidad del polietileno (g/cm <sup>3</sup> )	WVTR	
	(Transferencia de vapor de H <sub>2</sub> O) (gµm/m <sup>2</sup> día)	Permeabilidad O <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> µm/m <sup>2</sup> día atm)
0.910	0.866	275
0.915	0.779	256
0.920	0.685	225
0.925	0.579	201
0.930	0.465	165
0.935	0.366	137
0.940	0.276	205
0.945	0.244	91.3
0.950	0.208	76.4
0.955	0.185	70.1
0.960	0.145	61.0

Fuente: Guía del Material Flexible – Instituto de Valencia

### 2.5.2 Polipropileno

Es el plástico de menor densidad utilizado en aplicaciones de envasado. Es mucho más transparente que el polietileno de baja densidad, además de ser más rígido y resistente. Posee menor permeabilidad a los gases y a la humedad y tiene un punto de fusión más elevado, haciéndolo útil en aplicaciones de empacado a altas temperaturas. Su apariencia es muy similar a la del celofán, y lo ha sustituido en aplicaciones como el envasado de galletas, golosinas, bocaditos, fideos.

### **III. CONTROL DE CALIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

Para asegurar que el producto llegue al consumidor con una calidad consistente se debe revisar todas las actividades realizadas antes, durante y después del proceso de fabricación del empaque. Es por ello la importancia de un control de calidad de cada característica crítica de cada proceso.

Mediante las evaluaciones realizadas en cada una de las etapas del proceso productivo se debe verificar la capacidad del empaque para contener y proteger el producto, que no permita la entrada de agentes externos ni la salida de componentes del producto.

Las características de calidad que se miden y controlan antes y después de las operaciones de formado, llenado, sellado, se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Dimensionales; tamaño, forma del empaque y maquinabilidad del material, tamaño y peso de bobinas.
- Presentación; apariencia general ausencia de defectos de impresión, laminación, centrado de textos, áreas de sello y dobleces, uniformidad de colores entre unidades de empaque
- Hermeticidad; uniformidad del sellado (presión y temperatura uniformes), fuerzas de sellos, perforaciones en el cuerpo del empaque.
- Rendimiento del material de empaque; se refiere al número real de empaques por unidad de área o peso.
- Estabilidad, comprende la verificación de la permanencia en el tiempo del empaque. La hermeticidad del empaque, color y la integridad del material de empaque (sin cambios de color, delaminación, ataque químico, etc.)

### 3.1. Ensayos de características de los Empaques Flexible

Durante el proceso productivo del Empaque Flexible se realizan las evaluaciones que permiten verificar las características y especificaciones con las que deben cumplir las láminas en cada proceso. A continuación se describen las propiedades y sus respectivos ensayos, de mayor uso e interés en la industria del empaque plástico.

**Tabla 2:** Métodos de Ensayo

Métodos	Unidades
Determinación de la adherencia de tintas	grado
Determinación de la Resistencia del Impreso al Rasguño	grado
Olor del solvente	grado
Determinación de la Resistencia del Impreso a la Grasa	grado
Determinación de la Resistencia del Impreso al Calor	g/cm
Determinación de Resistencia Impreso al Peróxido de Hidrógeno	g/cm
Determinación de la Fuerza de adhesión	g/cm
Determinación de la Fuerza de Sello	g/cm
Fuerza de sello de un laminado / coextrusión en DM	g/cm
Fuerza de sello de un laminado / coextrusión en DT	g/cm
Determinación del Coeficiente de Fricción	Adim
Determinación del Encogimiento Térmico en Polietilenos	%
Espesor - Método Convencional	micras
Determinación de la Tensión Superficial	dinas/cm

### 3.2. Ensayos realizados en el proceso de Extrusión

En este proceso se obtienen productos como las laminas de polietileno y polipropileno a estas se realizan evaluaciones para determinar características que deben cumplir para pasar a la siguiente etapa productiva.

Entre las propiedades más importantes se encuentran el espesor del material es cual es controlado durante todo el proceso para mantener la uniformidad del espesor a lo ancho de la lamina extruída y cumplir con la especificación solicitada para cada tipo de estructura. Otra propiedad a controlar es la Tensión superficial muy importante para la impresión y laminación de las láminas.

#### 3.2.1. Determinación del Espesor

El objetivo de esta prueba es determinar el espesor de la lámina extruida.

Este ensayo aplica a láminas, papeles y laminados, hasta un espesor máximo de 1 mm.

El equipo que se utilizará es el medidor de espesor mecánico calibrado de 1,000 mm  $\pm$  0,001 mm.

De la muestra proveniente del proceso de extrusión, se corta una tira de 100 a 200 mm de largo a todo lo ancho de la lámina; esta tira debe estar limpia, y libre de defectos superficiales. Medir el espesor de la siguiente manera:

Para materiales en forma de manga; abrir y realizar ocho mediciones en puntos igualmente separados (los espesores de los extremos de la muestra deben figurar entre los datos obtenidos).

Para materiales en forma de lámina realizar cinco mediciones en puntos igualmente separados (los espesores de los extremos de la muestra deben figurar entre los datos obtenidos).





**Figura 8:** Medición del espesor en una lamina

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9:** Medidor de espesor

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Determinación de la Tensión superficial

El objetivo de la prueba es medir el nivel de la tensión superficial de sustratos, cuyas superficies son expuestas a la aplicación de tintas y/o adhesivos. Esta prueba se aplica a los sustratos obtenidos de los procesos de extrusión.

La tensión superficial del sustrato, es la energía del sustrato medida en dinas por centímetro (dinas/cm). La tensión superficial es una propiedad superficial de los sustratos habiéndose observado que una baja tensión superficial puede originar desprendimiento de tintas o delaminación, y un exceso puede causar fragilización o bloqueo del producto.

Para realizar este ensayo se utilizan soluciones especialmente preparadas para medir la tensión superficial a base de formamida y cellosolve. Se deben tomar soluciones de diferentes niveles de tensión superficial, empezando desde 38 dinas/cm hasta 60 dinas/cm. Sobre la superficie de cada película se deben trazar líneas de estas soluciones, con la ayuda de un hisopo. La tensión superficial del material será la de la solución cuya línea sea constante y no se haya abierto en gotas. Si se recoge la huella de la solución antes de dos segundos, la tensión superficial del sustrato es menor a la de la solución; tomar una solución de un nivel menor y repetir el ensayo. Si la huella de la solución permanece más de dos segundos, la tensión superficial del sustrato es mayor o igual a la de la solución; tomar una solución de un nivel mayor y repetir el ensayo. Si la huella de la solución se recoge exactamente en dos segundos, esa es la tensión superficial del sustrato.

El ensayo se repite hasta cubrir todo el ancho de la muestra y los valores deben ser los mismos para cada tramo. De no ser así, la superficie no tiene uniformidad en su tensión superficial.

### 3.2.3. Determinación de encogimiento térmico en polietilenos

El objetivo de este ensayo es determinar el grado de encogimiento térmico de una lámina de polietileno.

El encogimiento térmico es la reducción rápida e irreversible de una determinada dimensión lineal que ocurre en un film sujeto a altas temperaturas. Normalmente se expresa como porcentaje de la dimensión original.

La evaluación de termocontracción se realiza en dirección maquina y transversal.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 1.

La muestra de polietileno cortada en dimensiones de 100 mm x 100 mm se rotula las direcciones a evaluar. Se sumerge la lamina dentro del baño de silicona que se debe encontrar a  $140\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por espacio de 60 s, retirar la muestra del baño y sumergirla rápidamente en otro baño de silicona que se encuentre a temperatura ambiente. Después de 60 segundos retirar la muestra del medio de enfriamiento, medir y registrar la dimensión lineal de la muestra, tanto en la dirección de maquina como la dirección transversal.

Los resultados del encogimiento térmico para cada dirección se determinan de la siguiente manera:

$$\text{Encogimiento térmico} = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100$$

Donde:  $L_o$  = dimensión inicial de un lado (100 mm)

$L_f$  = dimensión del lado después del encogimiento.

Nota. Como la dimensión original es exactamente 100 mm el encogimiento se puede leer directamente de la regla, colocando la marca de los 100 mm en un extremo leyendo los milímetros del otro lado de la regla como el porcentaje de encogimiento.



**Figura 10:** Equipo para la evaluación del termoencogimiento de laminas

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11:** Temperatura del baño de Silicona debe ser 140°C

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Ensayos realizados en el proceso de Impresión

Durante la impresión se realizan diversas pruebas para garantizar un correcto anclaje de la tinta en el sustrato a imprimir y verificar la resistencia de la intensidad de los colores sometidos a agentes externos; como la grasa y el peróxido.

#### 3.3.1. Determinación de la adherencia de tinta

El objetivo de este ensayo es determinar la adhesión de las tintas, barnices, primer y/o recubrimientos aplicados en los sustratos con los que se fabrican los empaques flexibles.

La adherencia de tinta es la resistencia que oponen las tintas, los barnices, los primer y los recubrimientos a ser desprendidos de los sustratos en donde están aplicados cuando se someten a la acción de una cinta adhesiva en las condiciones mencionadas en el presente método de ensayo.

Este ensayo aplica para evaluar lo siguiente:

Adherencia de Tintas	(En proceso o como insumo)
Adherencia de Primer	(En proceso o como insumo)
Adherencia de Barniz	(En proceso o como insumo)

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 2.

El procedimiento de la prueba se detalla de la siguiente manera, se coloca la muestra a ensayar sobre una superficie lisa y limpia. Pegar la cinta adhesiva a todo lo ancho de la lámina, evitando la formación de burbujas de aire, dobleces y/o arrugas y dejando libre un extremo de la cinta. Si el ancho de la cinta no involucra completamente la característica que se desea evaluar, es posible repetir el ensayo en diferentes zonas del sustrato hasta completar la evaluación.

Pasar el rodillo dos veces sobre la cinta adhesiva para asegurar su adhesión.

Para la evaluación de tinta, barniz, primer como materia prima o durante los procesos de laminación, sellado o impresión de bolsas sobreempaque, no es necesario utilizar el rodillo. Retirar la cinta por el extremo libre sin adherir, formando un ángulo de 90° con el sustrato.

Esta operación se debe realizar con un jalón no muy rápido teniendo cuidado de no romper la estructura base. Cuando el sustrato a ensayar es papel, el jalón debe ser más lento pero sostenido.

La expresión de resultados es de la siguiente manera:

El resultado del ensayo se expresa por el total de colores impresos.

Si alguno de los colores impresos se comportase diferente, éste se reporta por separado.

**Tabla 3:** Expresión de resultados en la Determinación de la Adherencia

Grado	Descripción
A	Si la impresión no presenta desprendimiento de tinta de ningún color
B	Si solo un color se desprende ligera o moderadamente.
C	Si más de dos colores se desprenden o si un solo color se desprende en más del 50 % de su área impresa.

Notas:

Existen tintas cuyo proceso de curado es lento; en este caso, en la evaluación inicial puede resultar en una calificación C. Estas muestras deben ser ensayadas

nuevamente después de media hora para observar si la adherencia mejora. De ser así, la muestra puede ser calificada como B.

Para impresos que van a ser laminados, puede encontrarse que la adherencia de tinta es pobre y que no mejora en el tiempo. Como consecuencia, se tendrá una baja fuerza de adhesión con tinta en el proceso de laminación, en estos casos, si no existe tinta en zona de sello, esta desviación puede considerarse como no crítica solo si el proceso de envasado tampoco lo es.



**Figura 12:** Determinación de la adherencia de tinta

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Determinación de la resistencia del impreso al rasguño

El objetivo es determinar la resistencia al rasguño de sustratos provenientes del proceso de impresión.

La resistencia al rasguño se define como la resistencia que presenta una impresión a ser desprendida del sustrato en donde ha sido aplicada, debido a la fricción efectuada con la parte plana de la uña del dedo.

Este ensayo aplica a sustratos impresos al dorso o por fuera y en la evaluación de tintas como insumo.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 3.

Se fija la muestra sobre la superficie de soporte con una mano. Con la parte plana de la uña del dedo índice de la mano libre, se frota diez veces la superficie impresa, cuidando de no rasgar la película. La prueba se realiza para cada color de la muestra impresa, si es necesario.

El resultado del ensayo se expresa por el total de colores impresos. Si alguno de los colores impresos se comportase diferente, éste se reporta por separado.

**Tabla 4:** Expresión de resultados resistencia al rasguño

Grado	Descripción
A	Si la impresión no presenta desprendimiento de tinta de ningún color
B	Si solo un color se desprende ligera o moderadamente.
C	Si más de dos colores se desprenden.



### 3.3.3. Determinación del olor – prueba organoléptica

El objetivo es determinar organolépticamente el olor de los materiales. Este método puede aplicarse como alternativo al de determinación de solventes cuando el cromatógrafo de gases este inoperativo por calibración, mantenimiento y / o reparación.

Este método de ensayo se aplica a los productos en proceso, productos terminados y sustratos como insumos.

Este método califica la percepción de olores relacionados con los solventes que participan en las tintas y/o adhesivos y otros olores relacionados con el material.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 4.

#### Procedimiento

Para muestras en presentación de láminas (productos en proceso, impresión por superficie o producto final), se extienden sobre una superficie lisa y limpia,

acondicionada para cortes. Se corta la muestra a ensayar, utilizando el molde. Si la muestra está impresa por superficie se debe cortar en la zona de mayor carga de tinta o mayor número de tintas, la muestra cortada se enrolla y se coloca dentro del matraz. Cubrir la boca del matraz con una lámina de aluminio.

Codificar la muestra y colocar en la estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. Retirar el matraz de la estufa y dejar enfriar.

Perforar la tapa, inmediatamente acercar el matraz a la nariz para percibir el olor y calificar.

Los resultados de esta prueba se califica de acuerdo a la tabla 5,

**Tabla 5:** Expresión de resultados pruebas organolépticas

Grado	Descripción
A	No se percibe ningún olor extraño o el olor es característico.
B	Se percibe olor ligeramente más fuerte que el que caracteriza la estructura u olor ligero a solvente.
C	Se percibe claramente un olor extraño o fuerte olor a solventes.

#### 3.3.4 Determinación de la Resistencia del Impreso a la grasa

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia de los impresos a la acción de los agentes de la grasa. Se aplica a estructuras impresas por superficie, en sistemas de rotograbado o flexografía, que se utilizarán para envasar mantequilla, margarina.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 5.

Colocar la muestra a ensayar sobre una superficie lisa y limpia. Con la ayuda del cortador circular, cortar la muestra procurando involucrar todos los colores impresos; si no es posible, cortar otra muestra con los colores restantes.

Cubrir la placa petri con la muestra cortada, la impresión debe encontrarse hacia fuera, colocar el conjunto sobre la balanza de precisión y tarar, pesar  $8,0 \text{ g} \pm 1,0 \text{ g}$  de manteca vegetal sobre el conjunto, llevar el conjunto en la estufa a  $60 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  por espacio de un hora. Cumplido el tiempo retirar el conjunto de la estufa y

desechar la manteca, utilizando una mota de algodón, realizar cinco frotos suaves sobre cada color de la muestra impresa.

Los resultados se describen en la siguiente tabla,

**Tabla 6:** Expresión de resultados determinación del impreso a la grasa

Grado	Descripción
A	Si la impresión no presenta desprendimiento de tinta de ningún olor y el algodón no presenta ninguna coloración.
B	Si solo un color se desprende ligeramente o el algodón observa una ligera coloración (sangrado).
C	Si más de un color se desprende o el algodón evidencia coloración moderada (sangrado).

### 3.3.5 Determinación de la Resistencia del Impreso al detergente

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia de un material impreso a la acción de la solución del detergente que va a contener. Se aplica a láminas de polietileno con impresión por fuera.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 6.

Cortar una muestra que contenga, si es posible, todos los colores de la impresión. De no ser así, ensayar más muestras hasta completar todos los colores.

Colocar en la bandeja una placa de vidrio y sobre ésta la tela, humectar la tela con solución de detergente, el lado impreso de la muestra debe estar en contacto sobre la tela mojada, colocar la segunda placa de vidrio sobre la muestra.

Dejar reposar el conjunto por treinta minutos, cumplido el tiempo retirar la placa de vidrio superior junto con la muestra y observar:

- Si hay sangrado (Se ve sobre la tela)
- O decoloración (Se ve en la muestra).

Frotar la zona impresa de la muestra cinco veces contra la tela haciendo presión moderada y observar si hay desprendimiento de tinta, repetir este último paso por cada color impreso.

Expresión de resultados, la calificación se realizará por el total de colores impresos.

**Tabla 7:** Expresión de resultados determinación de Resistencia del Impreso al detergente

Grado	Descripción
A	Ningún color de la impresión ha sufrido variación o sangrado desprendimiento de tinta.
B	Si solo un color varía, sangra o se desprende ligeramente.
C	Si más de un color varía o sangra o si un color se desprende en más de 50 % de su área impresa, siendo esta área de notable apreciación

### 3.3.6. Determinación de la Resistencia del Impreso al peróxido de hidrógeno

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia que presenta un impreso a una solución de peróxido de hidrógeno.

Se aplica a envolturas, impresas por fuera, que van a estar en contacto con soluciones de peróxido de hidrógeno durante el proceso de envasado.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 7.

Cortar dos muestras que involucren todos los colores impresos. Si no es posible, realizar el ensayo nuevamente para los colores restantes.

Calentar la solución de peróxido de hidrógeno en el vaso de 500 ml y mantener a 50 °C, sumergir completamente las muestras en la solución caliente y dejarlas en la solución por espacio de diez minutos. Con la ayuda de una bagueta, cuidar que las muestras no se peguen a las paredes del vaso y observar si la solución se colorea.

Transcurrido los diez minutos, retirar cada muestra y escurrirlas rápidamente, utilizando los guantes, realizar los siguientes pasos:

Frotar una de las muestras contra la popelina. Observar la impresión y la tela en cada frote.

Con la segunda muestra realizar el ensayo de adherencia de tintas.

Observar la muestra impresa y la cinta adhesiva

Expresión de resultados, los resultados se reportaran de acuerdo a la tabla 8.

**Tabla 8:** Expresión de resultados Determinación de la Resistencia del Impreso al peróxido

Grado	Descripción
A	<p>Frote: No hay desprendimiento de ninguna tinta ni cambio de color después del quinto frote.</p> <p>Adherencia: No se observa desprendimiento de tinta en el impreso ni en la cinta. La solución de peróxido no se ha coloreado.</p>
B	<p>Frote: Ligero desprendimiento de una tinta o cambio de color después del tercer frote.</p> <p>Adherencia: Ligero desprendimiento de una tinta en el impreso o en la cinta. La solución de peróxido se colorea ligeramente (un solo color).</p>
C	<p>Frote: Desprendimiento de una tinta o cambio de color al primer frote.</p> <p>Adherencia: Desprendimiento de más de una tinta en el impreso o en la cinta o desprendimiento notable de una tinta. La solución de peróxido se colorea notablemente.</p>

### 3.3.7. Determinación de la Resistencia del Impreso a la luz visible

El objetivo de esta prueba es evaluar la resistencia de las tintas a la acción de la luz visible.

La resistencia a la luz es la resistencia de las tintas a ser afectadas en su color (fugacidad) debido a la acción de la luz. Este método se aplica en la evaluación de muestras de tintas y sustratos impresos comprendidos resistencia de la tinta a la luz visible y resistencia del impreso a la luz visible.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 8.

Ubicar las muestras impresas sobre el vidrio con la cinta adhesiva, en forma vertical y cubrir el extremo superior con una tira de polietileno negro. Colocar la placa de vidrio en la cámara de tal manera que la luz del foco incida perpendicularmente sobre la muestra impresa. Cada día del ensayo, cubrir 1,5 cm de impresión con una tira de polietileno negro, al final del tercer día, retirar las tiras negras y marcar con un lapicero las zonas cubiertas. Observar el efecto de la luz sobre la muestra.

Los resultados se expresan por color ensayado comparado con la muestra del día cero.

**Tabla 9:** Expresión de resultados determinación de la resistencia a la luz

Grado	Descripción
A	Excelente solidez a la luz; no se observa variación de color.
B	Se observa una ligera disminución de color.
C	Se observa una apreciable disminución de color.

Nota: Para muestras de proceso, se informa solo el color o colores que se obtengan grado B o C.

### 3.4. Ensayos realizados en el Proceso de Laminación

Un laminado flexible después de haber pasado por el proceso de conversión debe comportarse como si fuera una sola película, adquiriendo así las propiedades de las películas con las cuales ha sido elaborado. Es la laminación uno de los procesos más importantes, en esta etapa se obtiene la estructura final con la cual se debe cumplir con las características y especificaciones del Empaque Flexible.

#### 3.4.1 Determinación del Coeficiente de Fricción

El objetivo es medir el Coeficiente de Fricción de películas plásticas cuando se deslizan sobre sí mismas o sobre otras superficies bajo condiciones normalizadas.

El coeficiente de fricción (COF) es la relación entre la fuerza de fricción y la fuerza, generalmente gravitacional, que actúa perpendicular a las dos superficies en contacto.

El coeficiente de Fricción Estático ( $\mu_s$ ) está relacionado con la fuerza necesaria para iniciar el movimiento de superficies en contacto.

El coeficiente de Fricción Cinético ( $\mu_k$ ) está relacionado con la fuerza necesaria para mantener esas superficies en movimiento.

Deslizamiento, es el término que indica la lubricación que presentan dos superficies para deslizarse una sobre otra. En resumen, es lo contrario a fricción; un valor alto de COF indica bajo deslizamiento mientras que un valor bajo de COF indica alto deslizamiento.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 9.

#### Procedimiento

Colocar la lámina sobre una superficie lisa y limpia.



Nota 1: Las muestras deben ser cortadas en el sentido longitudinal y de la misma manera, ensayadas en el equipo.

Nota 2: Las muestras deben mantenerse libres de polvo, suciedad, grasa o cualquier contaminante que afecte el resultado del ensayo. En todo momento se debe evitar el contacto con las manos de las superficies a ensayar.

Cortar las muestras de acuerdo al tipo de COF que se necesite determinar. (Ver Anexo 10). Si se requiere evaluar sobre metal, solo se utiliza el molde B.

Limpiar la superficie de la base móvil con un paño humedecido con alcohol isopropílico y esperar a que se evapore completamente. Cubrir el bloque porta muestra con la muestra B y fijar sus extremos con cinta autoadhesiva.

La superficie a ensayar debe quedar expuesta, colocar el bloque porta muestra sobre la base móvil.

Ubicar el bloque portamuestra en la posición cero.

Si se requiere evaluar sobre el mismo u otro sustrato, se utilizan ambos moldes.

Fijar la muestra A con cinta autoadhesiva a la base móvil del instrumento teniendo cuidado de no formar arrugas o defectos que puedan significar errores durante el ensayo. La superficie a ensayar debe quedar expuesta.

#### Condiciones de Ensayo

- Velocidad : 150 mm/min

- Tiempo : 10 s

Activar el equipo de deslizamiento presionando el botón inicio y esperar a que la

luz naranjada del instrumento se apague indicando el final del ensayo. El equipo se detendrá automáticamente.

Registrar los resultados, en el formulario correspondiente, que aparecen en la pantalla de acuerdo con:

- SP           COF estático
- AVG         COF cinético

Desmontar la muestra cuidadosamente, levantando trineo y atadura. Presionar la tecla retorno para que el plato o base móvil regrese a su posición inicial. Realizar cinco ensayos por muestra.

Nota: Si las lecturas de los tres primeros especímenes no varían entre sí en más de 0,05 unidades, no realizar los dos ensayos restantes a menos que exista una especificación que indique realizar obligatoriamente los cinco ensayos. Promediar los resultados individuales. Si estuviese indicado, calcular además la desviación estándar.

Los resultados obtenidos se reportan en el Reporte de control de calidad correspondiente.



**Figura 13:** Equipo para la evaluación del deslizamiento

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Determinación de la resistencia de laminado al calor

El objetivo de este ensayo es evaluar la resistencia al calor de un laminado sometido a la acción de las mordazas de sellado.

La resistencia al calor de un laminado es la resistencia que ofrece un laminado sometida a la acción del calor sin mostrar contracción o deterioro del material en la capa sellante o cambio de tonalidad en los colores de la impresión, u otra alteración perjudicial.

Esta prueba se aplica a estructuras complejas laminadas en las áreas definidas para el sellado y a todo lo ancho del material.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 11.

Para laminados con sustratos de baja resistencia térmica, cortar una muestra con el molde en dirección de la maquina, de tal manera que involucre el área de sellado, doblar la muestra en el sentido longitudinal dejando expuestas las zonas de sellado. Sellar la muestra en forma continua y equidistante utilizando las mordazas de sello estriado hasta obtener cuatro sellos consecutivos.

Para laminados con sustratos de alta resistencia térmica, cortar una muestra con la regla involucrando todo el ancho de la lámina en la zona de sello, colocar la muestra sobre la mordaza plana inferior y jalar hacia el otro extremo de tal manera que toda la lámina sea sometida al calor.

Realizar los ensayos de acuerdo a las condiciones de temperatura, presión y tiempo indicados en la tabla 10.

**Tabla 10:** Condiciones de Ensayo

Tipo de laminado	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Tiempo (seg)
Laminados con repetición exacta de alta resistencia térmica	190	Continua	-- <sup>1</sup>
Sustratos de alta resistencia térmica	170	Continua	-- <sup>1</sup>
Materiales de baja resistencia térmica	130	6	0,75

<sup>1</sup> No hubo desarrollo

#### Expresión de resultados

Cuando el material esta conforme, es decir, las laminas no se contraen por efectos del calor, no se observa formación de ampollas, se aprueba indicando la temperatura de evaluación, de lo contrario se indica que anomalías se encuentra.

Las aprobaciones según el material se indican en la tabla 11.

**Tabla 11:** Expresión de resultados Determinación de la Resistencia del Laminado al calor.

Tipo de laminado	Temperatura (°C)
Laminados con repetición exacta y de alta resistencia térmica	190
Sustratos de alta resistencia térmica	170
Materiales de baja resistencia térmica	130



**Figura 14:** Equipo para la evaluación de resistencia del laminado al calor

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3. Determinación de la Fuerza de Adhesión

El objetivo de este ensayo es determinar la fuerza de adhesión entre capas de películas laminadas, después de transcurrido el tiempo de curado del adhesivo.

La fuerza de adhesión, es aquella fuerza que opone un laminado a ser separado en las capas que lo constituyen.

Se aplica a laminados flexibles de espesor menor a 400 micras.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 12.

Extender la lámina sobre una superficie lisa y plana, acondicionada para cortes. Utilizando la cuchilla y el molde, cortar una muestra en el sentido longitudinal de la lámina, si la lámina tiene zonas con tinta, la muestra a cortar debe involucrar también estas zonas, si así lo solicita la especificación. Proceder a delaminar las muestras. Reforzar con cinta adhesiva los extremos separados de la muestra.

Fijar estos extremos en las mordazas del equipo de ensayo, de tal manera que la muestra quede perpendicular al jalado de las mordazas.

Activar el equipo observando en el la pantalla la fuerza mínima y máxima (N) de las lecturas durante el desarrollo del ensayo.

#### Cálculos

La fuerza de adhesión final se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Fuerza\ de\ adhesión\ (g/cm) = \frac{Fuerza\ (N) \times 101,972}{Ancho\ de\ muestra\ (cm)}$$

#### Expresión de resultados

Registrar los resultados en el Reporte de Control de Calidad.



**Figura 15:** Toma de muestra para la evaluación de fuerza de adhesión

Fuente: Elaboración propia



**Figura 16:** Equipo para la evaluación de la fuerza de adhesión

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.4. Determinación de la Fuerza de sello

El objetivo es medir la fuerza de sello de estructuras laminadas después de ser sometidas a la acción de una mordaza caliente en el área de sello.

Una de las principales características de los laminados flexibles es poseer en su gran mayoría una capa sellante. Esta es la responsable de lograr dar forma al empaque en el cual va a ser utilizado el laminado flexible, así como permitir la hermeticidad del empaque y la conservación del producto.

La fuerza de sello, es la fuerza máxima por unidad de longitud o área de sello requerida para separar progresivamente un material de otro.

Se aplica en la evaluación de lo siguiente:

Fuerza de sello en dirección máquina

Fuerza de sello en dirección transversal

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 13.

Extender la lamina sobre una superficie cubierta con vidrio, limpia, plana y lisa. Cortar una muestra de 100 mm x 100 mm en dirección al sentido que se requiera evaluar:

Sello en Dirección de Maquina, la muestra se dobla en el sentido transversal

Sello en Dirección Transversal, la muestra se dobla en el sentido de máquina.

Cortar dos muestras de 100 mm x 100mm en dirección longitudinal al sentido de desembobinado del material, involucrando la zona a sellar (sello transversal).

Doblar cada una de las muestras por separado poniendo en contacto las zonas a sellar, juntar las dos muestras, haciendo coincidir las zonas a sellar, obteniendo un rectángulo de 50 mm x 100 mm. Cubrir la muestra con la lamina de poliéster y sellar dejando 15 mm libres a partir del extremo superior.



Dejar enfriar el conjunto y retirar luego la lamina de poliéster.

De la muestra sellada, cortar un área de 25 mm x 100 mm, evaluar la fuerza de sello de la muestra sellada en el equipo de tracción.

Accionar el equipo de ensayo y anotar la fuerza de sello máxima en (N).

Cálculos

Calcular la fuerza de sello de acuerdo a las unidades en que se requiera reportar:

$$\text{Fuerza de sello (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Fuerza (N)} \times 0,101972}{\text{Área transversal de la muestra (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Fuerza de sello (kg/2,54 cm)} = \text{Fuerza (N)} \times 0,101972$$

$$\text{Fuerza de sello (g/cm)} = \frac{\text{Fuerza (N)} \times 101,972}{\text{Ancho de muestra (cm)}}$$

Expresión de resultados

Registrar los resultados anotando el comportamiento del material ensayado en el Reporte de Control de Calidad.

La muestra se considera aprobada si la fuerza de sello está comprendida dentro de la especificación y si se observa ruptura completa de la muestra al inicio de la zona de sello. Si de las tres muestras ensayadas dos no cumplen con la especificación o no rompen al inicio de la zona de sello, la muestra se califica como rechazada.

Las observaciones que se pueden presentar son: rotura en la zona de sello, rotura de la estructura, delaminación del sello, etc.

### 3.4.5. Determinación del Gramaje

El objetivo es determinar correctamente el gramaje de las láminas durante la etapas del proceso productivo.

El gramaje total es la masa de un sustrato (lámina), monocapa o laminado, contenida en un metro cuadrado del mismo material. La unidad en la que se expresa es  $g/m^2$ .

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 14.

Colocar la muestra sobre una superficie lisa y limpia, plegar la muestra de tal manera que se obtenga un fajo de 05 dobleces, con la ayuda del cortador circular, cortar dos grupos de muestras, una a la izquierda y la otra a la derecha del fajo (P1, P2). Pesar las muestras P1 y P2 en la balanza analítica.

Calcular el gramaje total a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Gramaje total (g/m}^2\text{)} = \left( \frac{P1+P2}{2} \right) \times F1$$

Donde: F1 es el área reproducida por el cortador circular expresada en metros cuadrados.

Expresión de resultados

Registrar los resultados en el reporte de control de calidad del proceso correspondiente y en el Reporte de Laboratorio, indicando el promedio de los valores obtenidos.



**Figura 17:** Equipo para la evaluación del gramaje

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.6. Ensayo de Tracción y Elongación

El objetivo es determinar la tracción a la rotura de películas plásticas.

La resistencia a la tracción es la fuerza por unidad de área transversal o longitudinal que soporta un material sometido a tracción bajo las condiciones descritas en el presente método de ensayo

La variación de la elongación es la relación entre la longitud final alcanzada en el momento en que se produce la rotura y la longitud inicial de la muestra cuando ésta es sometida a tracción.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 15.

Las muestras deben ser cortadas en forma de tiras rectangulares donde el ancho debe estar entre 5 y 25,4 mm, y el largo debe ser al menos 50 mm más largo que

la distancia entre las mordazas del equipo, se deben cortar las muestras en dirección longitudinal es decir en dirección máquina y en dirección transversal, el corte debe realizarse con mucho cuidado, ya que no deben tener alteraciones en su superficie ni en los bordes, ya que esto causa un valor errático en la ruptura.

Luego de realizado esto se selecciona el rango de carga a medirse en la máquina de tracción, que para el tipo de materiales utilizados oscila entre 0 y 30 kg, se calibra la velocidad del equipo que es de 500 mm/ min para materiales plásticos que pueden tener deformaciones de más del 100%.

Se colocan la muestra entre las mordazas, se toman 10 medidas de fuerza y elongación.

#### 3.4.7. Ensayo de Impacto

El objetivo es determinar la energía causante de falla en una película de plástico, bajo determinadas condiciones, por el impacto de un dardo en caída libre.

La resistencia al impacto es la medida del peso del dardo normalizado que en caída libre logra producir el 50 % de especímenes rotos o fracturados.

Los equipos y materiales se detallan en el Anexo 16.

El procedimiento a seguir es el siguiente, marcar 5 zonas de 0,2 x 0,2 mm en cada muestra, colocar la muestra con la zona marcada en la abrazadera anular, se escoge un peso inicial de impacto en el dardo y se deja caer el dardo sobre la muestra.

A lo largo del ensayo se van añadiendo pesas hasta alcanzar la ruptura del material, midiendo el peso de falla.

Una vez alcanzada la ruptura se realizan 10 pruebas con el mismo peso hasta corroborar que el impacto causa la ruptura, y que un peso ligeramente menor en el dardo no causa la ruptura.

Registrar los pesos de falla para cada material



**Figura 18:** Configuración de dardos y pesas

Fuente: Elaboración propia



**Figura 19:** Recipiente de soporte con protector

Fuente: Elaboración propia

#### IV. EVALUACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

El objetivo del estudio es el análisis de las películas laminadas de mayor uso en el mercado, la clasificación de las películas será acorde a sus componentes y espesores del material en la misma. En la tabla 12 se muestra los componentes y espesores de las películas utilizadas en este análisis.

**Tabla 12:** Datos de materiales utilizados

Nomenclatura utilizada	Producto empacado	Componentes	Espesor (micras)	% en capa	Total (micras)
L1	Gelatina	BOPP	20	50	40
		BOPP Met.	20	50	
L2	Ají	PET	12	21,4	56
		Pebd	44	78,6	
L3	Pescado	PET	12	10.5	114
		Pebd	102	89.5	
BOPP 20	-	BOPP	20	100	20
BOPP 30	-	BOPP	30	100	30
Nylon 25	-	Nylon	25	100	25

De acuerdo a los métodos de ensayos descritos en el capítulo III, se realizaron las evaluaciones.

#### 4.1. Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación

Los ensayos de tracción y elongación están tabulados en las tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18; para los 6 materiales del estudio. La denominación MD significa que la muestra fue cortada en dirección de la laminación en la maquina; y la denominación TD indica que la muestra fue cortada de manera transversal a la dirección de la laminación en la maquina. Se colocó en cada tabla el valor máximo, mínimo y promedio de las 10 muestras cortadas para cada material. Al final de cada tabla se encuentra el valor de resistencia y elongación de los materiales

**Tabla 13:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación de L1

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
40	Max.	15,9	13,0	40	Max.	28,30	3,4
	Mín.	13,7	9,4		Min.	25,9	2,3
	Prom	14,6	11,5		Prom	27,1	2,9
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		677,5		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		164,8	
Elongación (%)		23		Elongación (%)		5,8	

**Tabla 14:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación de L2

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
56	Max.	8,8	6,8	56	Max.	9,1	5,0
	Mín.	7,2	5,1		Min.	8,6	4,0
	Prom	7,8	6,3		Prom	8,9	4,5
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		365		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		144,4	
Elongación (%)		12,6		Elongación (%)		9,0	

**Tabla 15:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación de L3

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
114	Max.	9,8	6,4	114	Max.	9,5	4,1
	Mín.	9,1	4,7		Min.	9,0	3,5
	Prom	9,5	5,6		Prom	9,2	3,9
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		83,3		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		80,7	
Elongación (%)		11,2		Elongación (%)		7,8	



**Tabla 16:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación del BOPP 20

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
20	Max.	6,1	88,2	20	Max.	6,2	72,4
	Mín.	2,3	13,8		Min.	2,1	18,3
	Prom	4,5	55,2		Prom	4,3	59,3
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		89,0		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		85,1	
Elongación (%)		36,8		Elongación (%)		39,5	

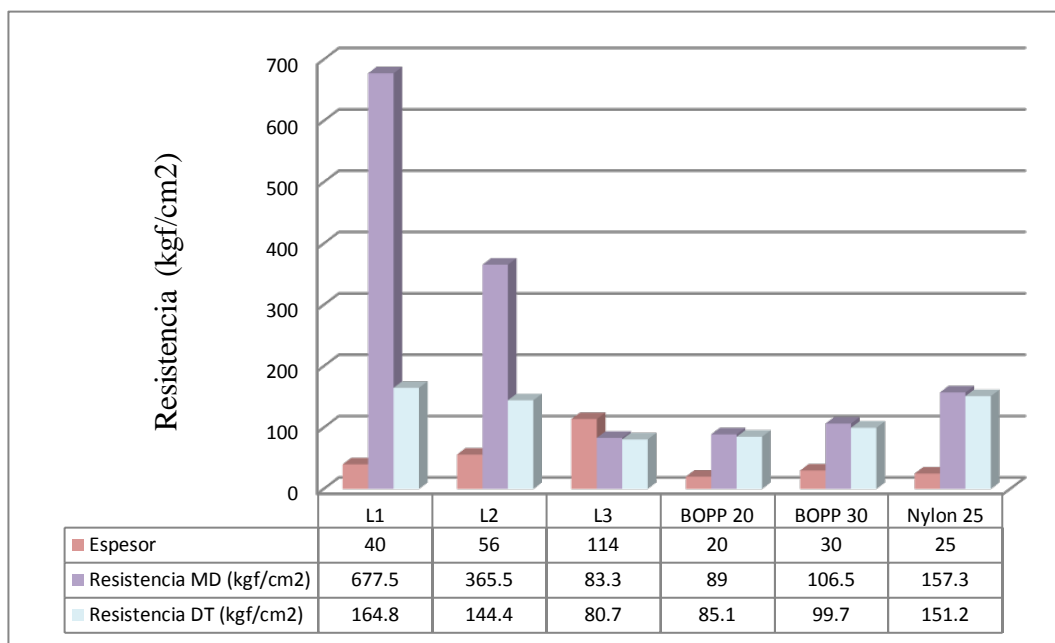
**Tabla 17:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación del BOPP 30

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
30	Max.	9,4	102,7	30	Max.	8,9	112,1
	Mín.	6,3	48,1		Min.	5,9	52,4
	Prom	8,1	80,1		Prom	7,6	85,2
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		106,5		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		99,7	
Elongación (%)		53,4		Elongación (%)		56,8	

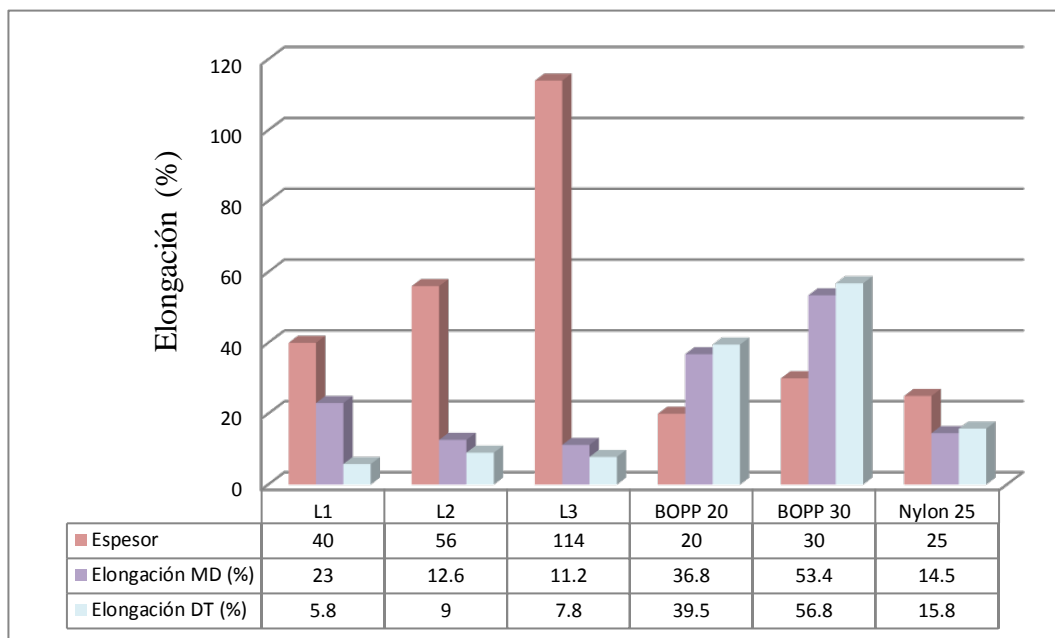
**Tabla 18:** Resultados de Evaluación Ensayo de Tracción y Elongación de Nylon 25

Longitud (MD)				Longitud (DT)			
Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)	Espesor (micras)		Fuerza (kgf)	Recorrido (mm)
25	Max.	13,5	31,5	25	Max.	11,6	38,9
	Mín.	6,9	9,0		Min.	6,7	9,10
	Prom	9,9	21,7		Prom	9,6	23,7
Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		157,3		Resistencia a la Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		151,2	
Elongación (%)		14,5		Elongación (%)		15,8	

En el gráfico1 se graficaron los valores de resistencia MD y TD junto con el espesor para cada material, donde se nota una clara superioridad en la laminación L1 correspondiente al metalizado de BOPP. También se observa que la menor resistencia la tiene la laminación L3, junto con el BOPP 20. El Nylon tiene mejor valor de resistencia a la tracción en lo que respecta a materia prima en comparación al BOPP. Una observación adicional es la similitud en la resistencia MD y TD para la laminación L3 y la materia prima, donde la resistencia MD alcanza valores ligeramente mayores que la resistencia TD. En las laminaciones L1 y L2 ocurre lo contrario, ya que se nota la diferencia entre la resistencia MD y TD, siendo en este caso la resistencia MD mayor.

**Gráfico 1:** Variación de la Resistencia a la Tracción

De igual forma en el gráfico 2 se graficaron las elongaciones MD y TD junto con los espesores para cada material. Un comportamiento general que resultó en las laminaciones es que la elongación en dirección de la maquina siempre fue mayor a la elongación en la dirección transversal. Lo contrario ocurrió con la materia prima donde la elongación transversal fue ligeramente mayor que la elongación en dirección máquina. Con lo que respecta a los valores se aprecia claramente que la materia prima tiene mejor elongación que los laminados, como se aprecia en el BOPP comparado con la laminación L1. El Nylon es la única materia prima con baja elongación, pero aún así superó a las laminaciones L2 y L3.

**Gráfico 2:** Variación de la Elongación del material

#### 4.2. Resultados del Ensayo de COF

Los resultados de evaluación de coeficiente de fricción se muestran en las tablas de la 19 a la 24, en donde se encuentran tabulados las mediciones máximas, mínimas y promedio para cada material. En el caso de las laminaciones, los coeficientes evaluados son los del lado exterior e interior de las muestras. Para el caso de materia prima se examinaron ambos lados de las muestras, que corresponden a las superficies que se espera laminar con el polietileno (plast/plast) o el BOPP metalizado (Met C/T). A continuación de las tablas se muestran gráficos correspondientes a los valores de coeficientes de fricción, estático y dinámico.

Para analizar estos resultados de mejor manera, se separaron las figuras de las laminaciones y de la materia prima.

**Tabla 19:** Resultados de Coeficientes de Fricción de L1

Coeficientes de Fricción		Lado Exterior	Lado Interior
Estático	Max.	0,64	0,65
	Min.	0,63	0,64
	Prom.	0,64	0,65
Dinámico	Max.	0,62	0,64
	Min.	0,62	0,63
	Prom.	0,62	0,64

**Tabla 20:** Resultados de Coeficientes de Fricción de L2

Coeficientes de Fricción		Lado Exterior	Lado Interior
Estático	Max.	0,70	0,28
	Min.	0,69	0,30
	Prom.	0,69	0,30
Dinámico	Max.	0,68	0,27
	Min.	0,67	0,28
	Prom.	0,68	0,28

**Tabla 21:** Resultados de Coeficientes de Fricción de L3

Coeficientes de Fricción		Lado Exterior	Lado Interior
Estático	Max.	0,70	0,33
	Min.	0,72	0,32
	Prom.	0,71	0,32
Dinámico	Max.	0,68	0,30
	Min.	0,69	0,29
	Prom.	0,69	0,30

**Tabla 22:** Resultado de Coeficientes de Fricción de BOPP 20

Coeficientes de Fricción		Plast/Plast	Met C/T
Estático	Max.	0,40	0,30
	Min.	0,38	0,31
	Prom.	0,39	0,30
Dinámico	Max.	0,33	0,29
	Min.	0,32	0,28
	Prom.	0,32	0,29

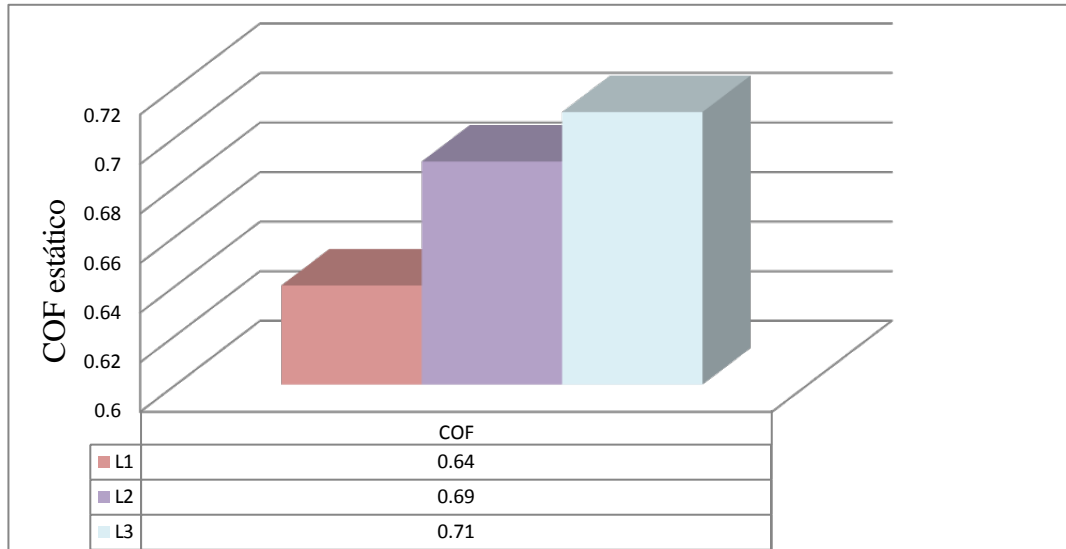
**Tabla 23:** Resultado de Coeficientes de Fricción de BOPP 30

Coeficientes de Fricción		Plast/Plast	Met C/T
Estático	Max.	0,37	0,32
	Min.	0,36	0,32
	Prom.	0,36	0,32
Dinámico	Max.	0,35	0,30
	Min.	0,34	0,29
	Prom.	0,35	0,30

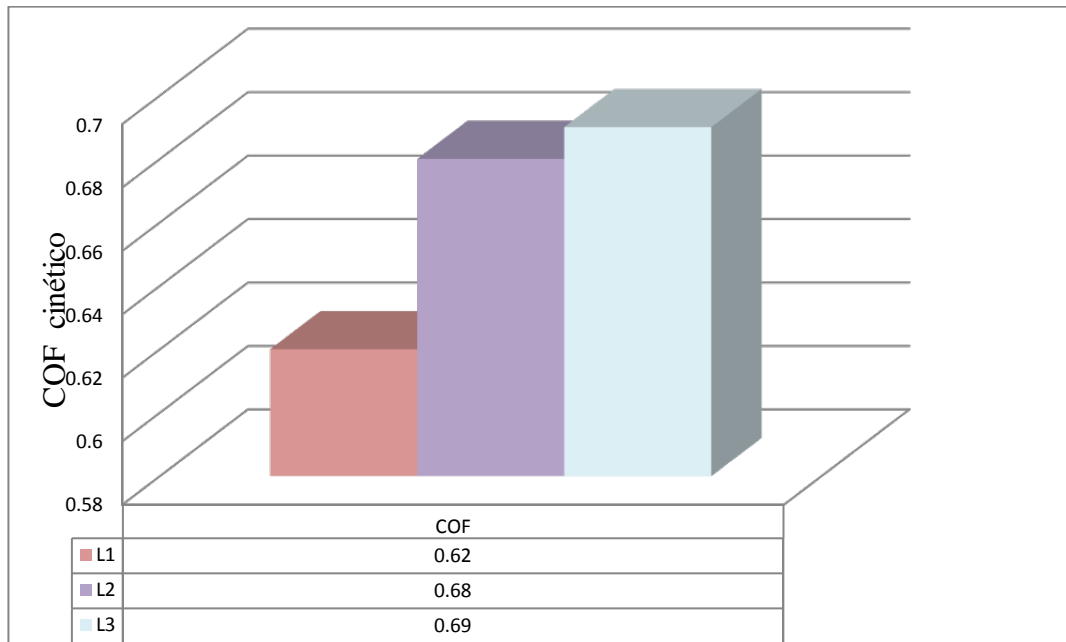
**Tabla 24:** Resultados de Coeficientes de Fricción de Nylon 25

Coeficientes de Fricción		Plast/Plast	Met C/T
Estático	Max.	0,60	0,40
	Min.	0,59	0,38
	Prom.	0,59	0,39
Dinámico	Max.	0,58	0,37
	Min.	0,57	0,36
	Prom.	0,57	0,37

**Gráfico 3:** Variación de Coeficientes de Fricción estáticos externos en (laminaciones)

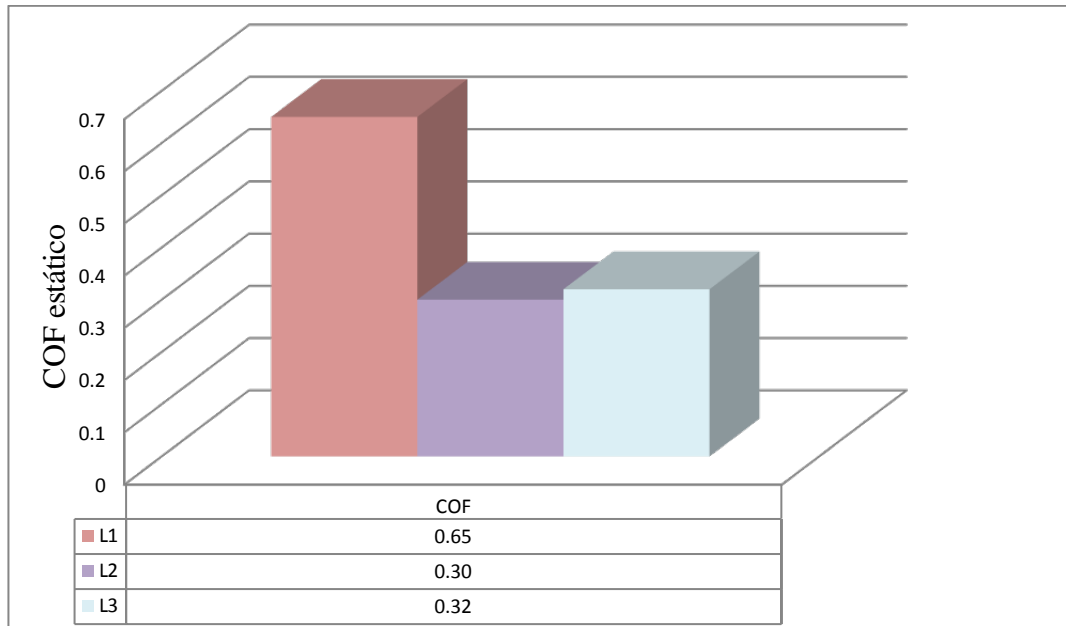


**Gráfico 4:** Variación de Coeficientes de Fricción cinéticos externos (laminaciones)

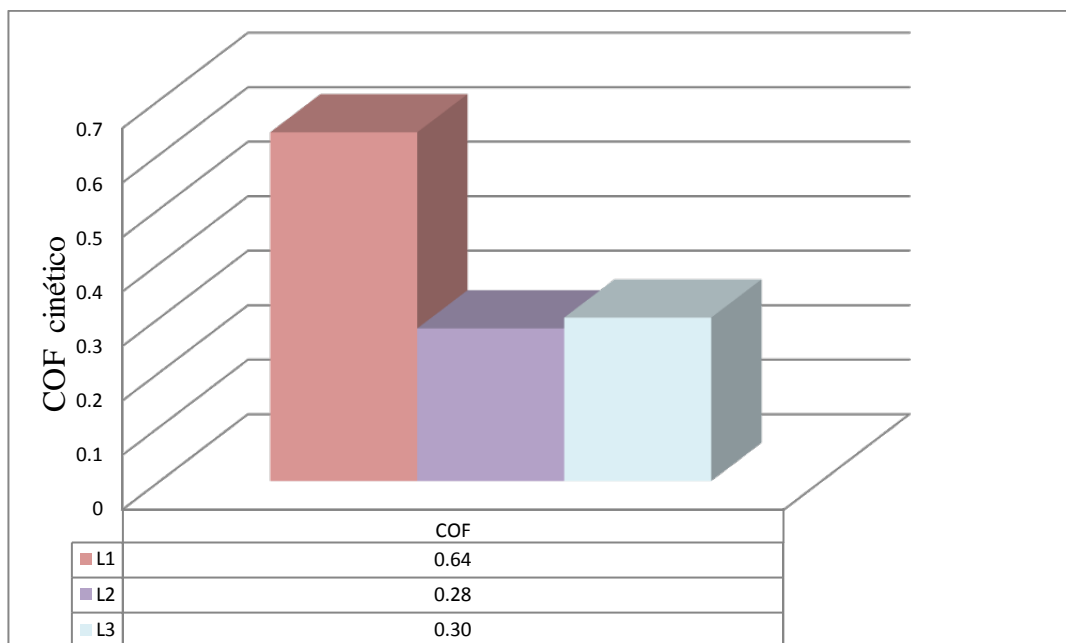


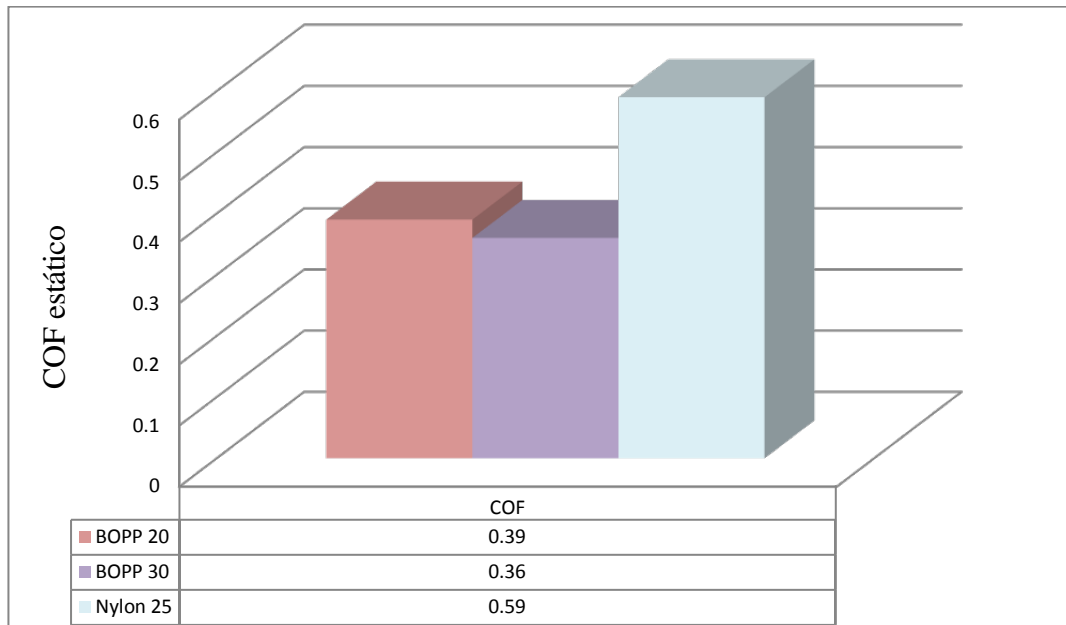
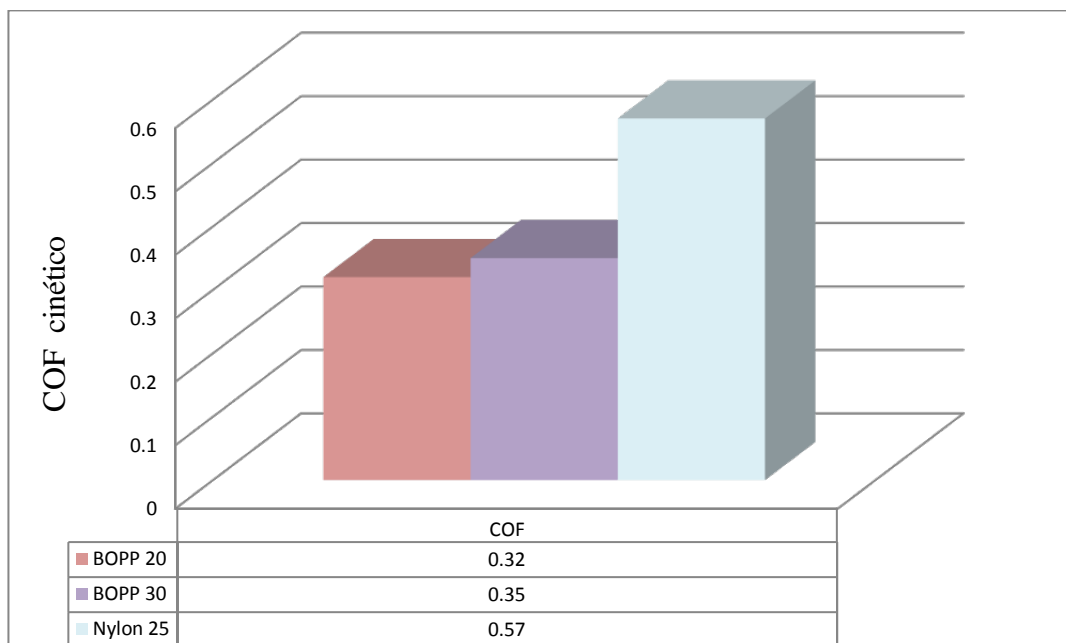


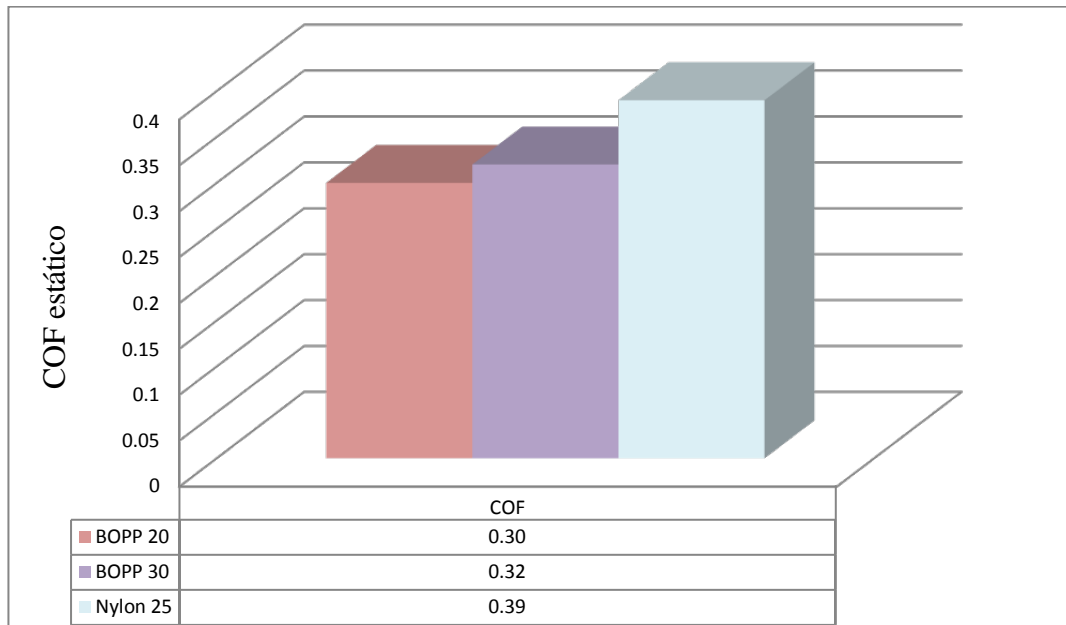
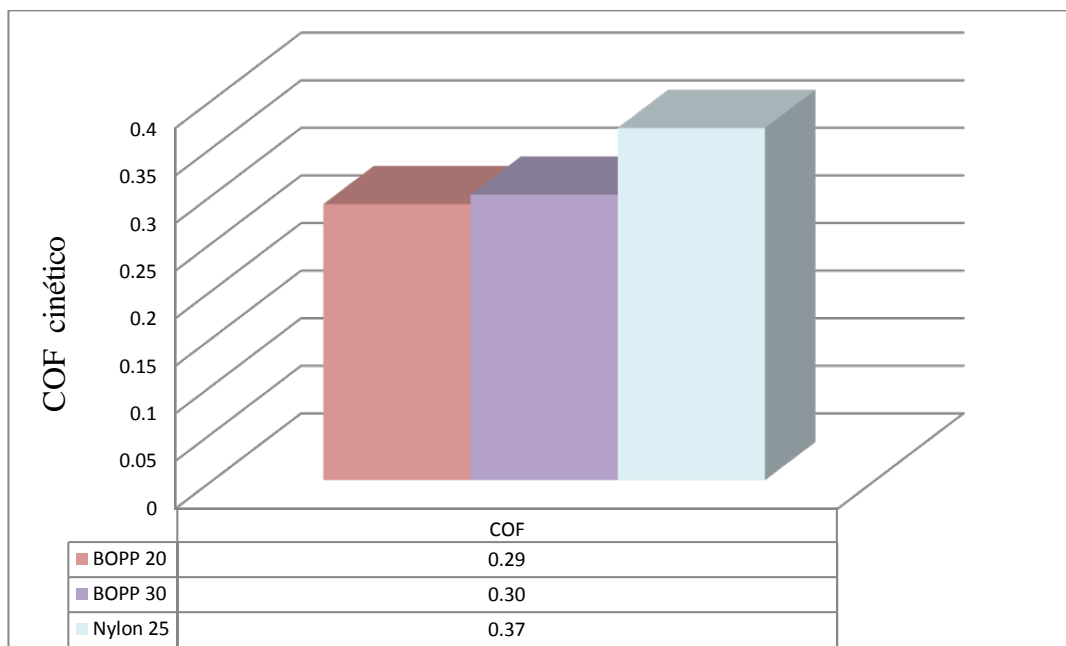
**Gráfico 5:** Variación de Coeficientes de Fricción estáticos internos  
(laminaciones)



**Gráfico 6:** Variación de Coeficientes de Fricción cinéticos internos  
(laminaciones)



**Gráfico 7:** Variación de Coeficientes de fricción estáticos plast/plast (material)**Gráfico 8:** Variación de Coeficientes de fricción cinético plast/plast (material)

**Gráfico 9:** Variación de Coeficientes de fricción estático Met C/T (material)**Gráfico 10:** Variación de Coeficientes de fricción cinético Met C/T (material)

El resultado más claro observado en las graficas de Coeficientes de Fricción es la notoria superioridad en los valores correspondientes a las laminaciones. Los rangos de COF externo para las laminaciones están en el orden de 0,60 a 0,70; mientras que el COF estático interno de las laminaciones L2 y L3, esto se explica dado que en la evaluación de COF externo son las laminas de PET y BOPP las que están en contacto y estas se caracterizan por tener cierta rugosidad y en el caso de COF interno para L2 y L3 las superficies ensayadas son las laminas de polietileno que presentan mejor deslizamiento.

Se observa que el Nylon tiene valores de COF mayor al BOPP. Para la materia prima los coeficientes hacia el lado de la laminación plástica varían en todos los materiales, siendo más notorio en la película de Nylon. En el lado de la metalización, los coeficientes estáticos y dinámicos permanecen iguales para el BOPP, mientras que para el Nylon este varía ligeramente.

En todos los casos tanto laminaciones como la materia prima los valores de COF estático son mayores a los valores de COF cinético.

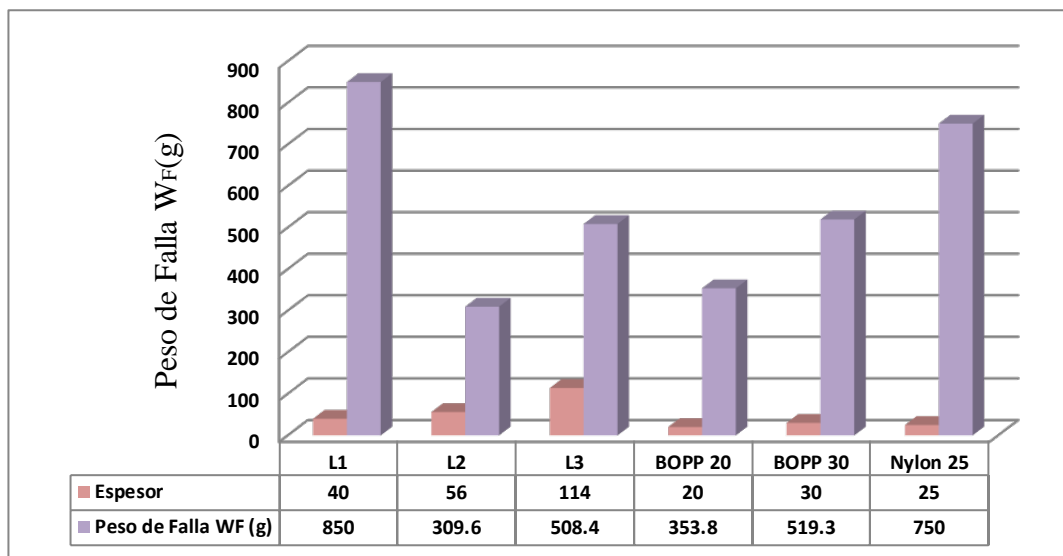
Las evaluaciones de COF son muy útiles para el envasado del producto, por ejemplo para productos que van a ser apilados luego del envasado es preferible tener valores de COF altos para evitar el deslizamiento entre los empaques.

#### 4.3. Resultados del Ensayo de Impacto

A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo de impacto para todos los materiales estudiados. Cabe recalcar que el peso máximo utilizado en el dardo fue de 850 gramos, que corresponde al resultado de la laminación L1, la misma que no fallo durante el ensayo. En la tabla 25 y en el gráfico 10 se observan los distintos pesos de falla obtenidos para cada material.

**Tabla 25:** Resultados de Resistencia al Impacto al dardo

Prueba de Impacto al Dardo		
Material	Espesor (micras)	Peso de Falla WF (g)
L1	40	850 (No rompe)
L2	54	309,6
L3	114	508,4
BOPP 20	20	353,8
BOPP 30	30	519,3
Nylon 25	25	750

**Gráfico 11:** Variación de Resistencia del Impacto

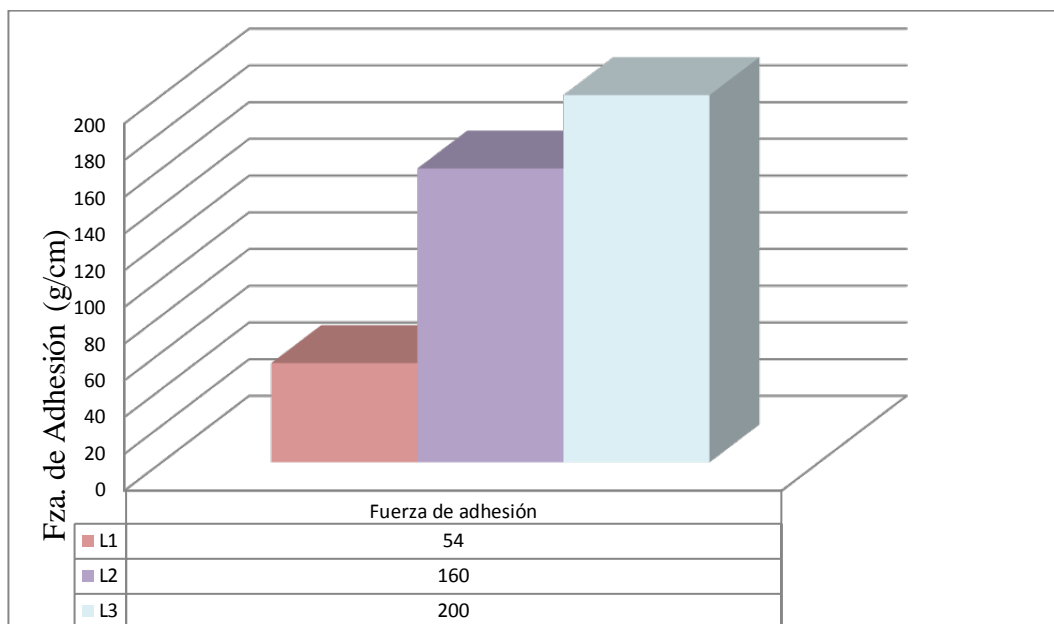
Según el gráfico la resistencia al impacto fue una propiedad fuerte de la materia prima, ya que solamente el BOPP 20 tiene una resistencia al impacto debajo de 500 gramos. Las laminaciones de PET y Pebd (L2 y L3) tuvieron valores aproximadamente de 300 y 500 gramos respectivamente, mientras la resistencia de la laminación de BOPP supera la escala utilizada ya que falló con un peso máximo utilizado (850 gramos)

#### 4.4. Resultados de Fuerza de Adhesión

En la tabla adjunta se muestran los resultados del ensayo de la fuerza de adhesión para las laminaciones (L1, L2, L3)

**Tabla 26:** Resultados de Fuerza de adhesión

Fuerza de adhesión		
N° Laminación		Resultados (g/cm)
L1	Max.	56
	Min.	52
	Prom.	54
L2	Max.	150
	Min.	170
	Prom.	160
L3	Max.	220
	Min.	180
	Prom.	200

**Gráfico 12:** Variación de Fuerzas de adhesión de Laminaciones

De los resultados obtenidos en los ensayos de fuerza de adhesión se observa que el valor más bajo es el del laminado L1 y el mayor L3. Estos resultados también se ven influenciados por el tipo de laminación, para L1 debido a los sustratos utilizados, laminas de BOPP, la laminación es a base de adhesivos sin solvente mientras que para L2 y L3 se lleva a cabo la laminación de adhesivo con solvente. Los sustratos utilizados en la laminación de L2 y L3 son los mismos sin embargo el laminado L3 tiene un resultado mayor debido al espesor de la capa sellante utilizada.

#### 4.5 Resultados de Resistencia del Impreso al Peróxido de Hidrógeno

Esta prueba se realiza a láminas de polietileno impreso por superficie que va a ser utilizadas en el envasado de leche evaporada.

Para este ensayo L1, L2, L3 son laminas de polietileno.

A continuación en la tabla 27 se muestran los resultados

**Tabla 27:** Resultados de Evaluación de Resistencia del Impreso al Peróxido de Hidrógeno

Característica	Especificación	Lámina N°1	Lámina N°2	Lámina N°3	Unidades
Resistencia al peróxido de hidrógeno	A - B	A	B	C	Grado

La característica de resistencia del impreso al peróxido de hidrógeno es un control que se realiza a las láminas monocapa ya que en el proceso de envasado de la leche, las laminas pasan por un baño de peróxido para desinfectarlas por ello la importancia de esta prueba .Esta evaluación se realiza al inicio de la producción la bobina cero (bobina de arranque) es llevada al laboratorio de control de calidad para que se le realice la prueba y verificar que no haya desprendimiento de tinta.

Según los resultados obtenidos en la tabla 27 se observa que la lámina número 1 se encuentra aprobada en grado A es decir no presenta desprendimiento de tinta al frote, la lámina número 2 también se encuentra aprobada pero en grado B es decir ha tenido un ligero desprendimiento de la tinta pero en el tercer frote. La lámina número 3 no cumple con la especificación por lo que se tiene resultado C es decir desprendimiento de tinta desde el primer frote, en este caso se tiene que mejorar las tintas y la solución del barniz que cumple la función de proteger las tintas.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

1. Los empaques flexibles laminados ofrecen una combinación de mejores propiedades que los empaques compuestos únicamente de materia prima. Al tener propiedades de varios materiales presentes en un mismo empaque, este ofrece una mejor protección a los productos alimenticios.
2. El diseño apropiado para cada tipo de alimento permite obtener un mejor rendimiento de cada empaque.
3. Las evaluaciones de control de calidad en los diferentes procesos son muy importantes para determinar que las láminas ya sean monocapas o laminadas se encuentren cumpliendo las especificaciones y/o características requeridas para el envasado del producto.

### 5.2. Recomendaciones

2. La manipulación del tamaño y superficie de las muestras es muy importante durante los ensayos, por lo que se deben manejar las muestras con precaución.
3. Los implementos de laboratorio para medir coeficientes de fricción deben ser manejados con extremo cuidado y limpieza. Rayones o suciedad en las superficies de medición causan alteraciones en la medición de fricción.
4. Los equipos de medición deben estar correctamente calibrados al momento de realizar las pruebas para evitar obtener resultados erróneos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

2. Espert A. Material Educativo “Extrusión Informe de vigilancia tecnológica 2011”

<http://www.aimplas.es>

3. Mariano, “Tecnología de los Plásticos” Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado; publicado el 14 de Octubre del 2011; Fecha de Consulta: Setiembre 30, del 2014.

[http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011\\_03\\_01\\_archive.html](http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011_03_01_archive.html)

4. Marquez E. Material Educativo “Guia del material flexible” Instituto de Valencia.

[www.besign.com.ve/empaque\\_1/semana4/Guia\\_de\\_Material\\_Flexible.pdf](http://www.besign.com.ve/empaque_1/semana4/Guia_de_Material_Flexible.pdf)

5. Quintana J., Tesis “Análisis y Diseño de Empaques Flexibles Laminados para envasar alimentos” de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción de la Escuela Superior Politécnica del litoral de Guayaquil Ecuador; Fecha de consulta: Marzo 12 y 15 del 2014.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/952>

6. Vecco S., Tesis “Control de calidad de tintas según el destino de la impresión flexografica previo a la etapa de impresión” Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería; Fecha de consulta: Febrero 18 del 2014.

## VII. ANEXO

Anexo 1: Equipos y materiales para la Determinación del Encogimiento térmico

Baño líquido de silicona a  $140\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$

Baño líquido de silicona a temperatura ambiente

Termómetro con lectura mayor a  $150\text{ °C}$  y menor división  $1\text{ °C}$

Plantilla metálica cuadrada de  $100 \times 100\text{ mm}$

Sujetadores de muestra con ligera forma cóncava

Regla cuadrada en milímetros.

Anexo 2: Equipos y materiales para el ensayo adherencia de tinta

Cinta adhesiva transparente de polipropileno o celofán de  $12,7\text{ mm}$  de ancho, con una fuerza de adhesión de  $200\text{ g/cm}$  como mínimo.

Nota: Se podrá utilizar también otra cinta autoadhesiva si la especificación de algún cliente así lo indica.

Rodillo pisador con las siguientes características:

Ancho :  $25\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$

Diámetro :  $115\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$

Peso :  $1000\text{ g} \pm 150\text{ g}$

Anexo 3: Equipos y materiales para el ensayo resistencia al rasguño

Una superficie lisa, limpia y dura, puede utilizarse vidrio, para soporte de la muestra impresa.

Muestra impresa.

Anexo 4: Equipos y materiales para el ensayo de prueba de olor

Estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Lamina de Aluminio sin recubrimiento

Muestras a ensayar

Molde ranurado para cortar muestras de 120 mm x 300 mm.

Cuchilla para el corte de muestras

Controlador de tiempo de  $60\text{min} \pm 1\text{min}$

Matraz de 500 ml, asignado solo para esta aplicación, libre de olores extraños o fuertes.

Anexo 5: Equipos y materiales para el ensayo de resistencia a la margarina

Estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Placa petri de 10 cm de diámetro por 1,5 cm de altura

Cortador circular calibrado para corte de muestra  $11,3\text{ cm} \pm 0,1\text{ cm}$  de diámetro.

Balanza de precisión calibrada de  $4,1\text{ kg} \pm 0,1\text{ g}$

Dos espátulas

Algodón

Dos placas de vidrio de 12 cm x 12 cm x 0,6 mm de espesor

Una pesa de  $1,0\text{ kg} \pm 0,1\text{ kg}$

Manteca vegetal

Anexo 6: Equipos y materiales para Determinación de Resistencia del Impreso al detergente

Recipiente plástico para colocar las placas de vidrio

Dos placas de vidrio con un peso de  $500 \text{ g} \pm 20 \text{ g}$  (18cm x 19cm x 6mm)

Solución del detergente (ver al Anexo 7)

Tela blanca de algodón de 17cm x 17cm (popelina, muselina, etc.)

Cortador de muestras de 100 mm x 150 mm

Muestra a ensayar.

Anexo 7: Preparación de la solución de detergente

Pesar 16 g de detergente en un vaso de precipitado de 1000 ml (Usar el detergente del tipo y marca que será contenido en el envase final).

Agregar un litro de agua destilada.

Agitar con una baqueta de vidrio hasta que el detergente quede disuelto completamente.

Vaciar en un frasco adecuado, rotular con la marca y diseño del detergente e indicar la fecha de preparación.

Anexo 8: Equipos y materiales para el ensayo del peróxido de hidrógeno

Plancha eléctrica

Vaso de precipitado de 500 ml

Probeta graduada de 250 ml

Popelina blanca

Solución de peróxido de hidrógeno al 35 % (Ver Anexo 9)

Agua destilada

Baguetas

Cinta adhesiva transparente

Guantes quirúrgicos.

#### Anexo 9: Preparación de la solución de peróxido de hidrógeno al 35 %

En una probeta graduada, medir 175 ml de solución de peróxido de hidrógeno al 50%

Añadir agua destilada hasta completar el volumen de 250 ml

Vaciar el contenido en un vaso de precipitado de 500 ml y homogenizar la solución utilizando una bagueta.

#### Anexo 10: Equipos y materiales para el ensayo de resistencia a la luz

Muestras impresas en el sustrato de aplicación (para muestras de tintas)

Muestras impresas que involucren, en lo posible, todos los colores (para proceso)

Cámara de madera pintada de color blanco

Foco de 300 watts, conectado a la cámara de madera

Tiras de polietileno baja densidad color negro (min. 38 micras de espesor) de 1,5 cm de ancho

Placas de vidrio para fijar las muestra a ensayar

Cinta Adhesiva transparente.

### Anexo 11: Equipos y materiales para el ensayo de evaluación de COF

Equipo de deslizamiento con bloque porta muestra de  $200 \pm 5$  g calibrado.

Molde para el corte de muestra de 130 x 250 mm (A)

Molde para el corte de muestras de 120 x 150 mm (B)

Cuchilla

Cinta autoadhesiva transparente de 12 mm.

### Anexo 12: Equivalencias del COF por proceso

Para productos laminados.

CI =Cara Interna Cara que está con la capa Sellante.

CE =Cara Externa La cara donde se expone el diseño.

### Anexo 13: Equipos y materiales para el Ensayo de Resistencia del Laminado al calor

Regla de 100 cm

Molde de 100 mm x 200 mm

Cuchilla

Selladora de mordazas múltiples verificada y programada a las condiciones del ensayo (tabla 10).

Anexo 14: Equipos y materiales para el Ensayo de Fuerza de Adhesión

Molde para el corte de muestras de  $25\text{mm} \pm 0,25\text{mm} \times 250\text{mm} \pm 0,5\text{mm}$ .

Cuchilla para el corte de muestras

Equipo de Ensayo de Tracción de carga máxima de 100N

Disolvente: Acetato de Etilo

Cinta adhesiva transparente de 12 mm.

Anexo 15: Equipos y materiales para el Ensayo de Fuerza de sello

Molde de 100 mm x 100 mm

Molde para corte de muestras de  $25\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$  de ancho

Cuchilla para el corte de muestras

Láminas de poliéster

Teflón

Selladora neumática de laboratorio con controladores de presión, temperatura y

Tiempo

Anexo 16: Equipos y materiales para el Ensayo de Tracción

Equipo de Ensayo de Tracción con celda de carga máxima de 40 kgf, carga mínima de 1gf

Molde para corte de muestras.



### Anexo 17: Equipos y materiales para el ensayo de gramaje total

Cortador circular

Lamina de goma, caucho o plástico de 1cm a 2 cm de espesor para soporte del cortador.

Balanza calibrada con exactitud de 0,25 % del peso ensayado.

### Anexo 18: Equipos y materiales para el ensayo de Resistencia al Impacto

Máquina de impacto ala dardo, que consta de:

Dardo de punta redonda con diámetro de  $38,0 \pm 1\text{mm}$

Estructura soporte con altura de caída libre es  $0,66 \pm 0,01\text{m}$

Pesas para el dardo cuyo rango de Impacto va de 50 a 850 gramos

Abrazaderas anulares

Recipiente metálico soporte para abrazaderas y protector plástico

Balanza analítica