

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



**“OPTIMIZACION DE UNA LAMINA COEXTRUIDA DE TRES
CAPAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, UTILIZADA
PARA EMPAQUES CON CONTENIDO DE HIPOCLORITO DE
SODIO AL 5%”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

ULISES JESUS LEGUA RAMIREZ

LIMA – PERU

2006

**OPTIMIZACION DE UNA LAMINA COEXTRUIDA DE TRES CAPAS DE
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, UTILIZADA PARA EMPAQUES
CON CONTENIDO DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 5%**

	Página
1.- Resumen	4
2.- Introducción	5
3.- Objetivos Generales	6
4.- Conceptos Generales	7
4.1.- Concepto de Extrusión	7
4.2.- Proceso de Extrusión	7
4.2.1.- Equipo utilizado en el Proceso de Extrusión	8
4.2.2.- Partes del Equipo de Extrusión	9
4.3.- Propiedades principales del producto de extrusión	33
4.3.1.- Espesor de Lámina (Calibre)	33
4.3.2.- Coeficiente de Fricción	34
4.3.3.- Propiedades Mecánicas	35
4.3.3.1.- Resistencia: Fuerza Tensil	35
4.3.3.2.- Elongación	35
4.3.3.3.- Módulo	36
5.- Materia Prima utilizada para el Proceso de Extrusión.	38
5.1.- Concepto de Resinas	38
5.1.1.- Polietileno	39
5.1.1.1.- Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	40
5.1.1.2.- Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)	40
5.1.1.3.- Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	41

5.2.- Principales resinas existentes en el mercado	45
5.3.- Propiedades importantes de los Aditivos de las resinas	47
5.3.1.- Aditivos Plastificantes.	47
5.3.2.- Aditivos Estabilizadores Térmicos.	47
5.3.3.- Aditivos Lubricantes.	48
5.3.4.- Aditivos Lubricantes Externos.	48
5.3.5.- Aditivos Modificadores de Impacto.	48
5.3.6.- Aditivos de Ayuda de Proceso.	48
5.3.7.- Aditivos Estabilizadores UV.	48
5.3.8.- Aditivo purgador.	49
5.3.9.- Aditivos Antibloqueo.	49
5.3.10.- Aditivos Deslizantes.	49
5.3.11.- Pigmentos.	49
6.- Equipos de Laboratorios utilizado para la inspección de las Láminas	52
6.1.- Equipo Thwing Albert – EJA VANTAJE	52
6.2.- Selladora de Laboratorio DT Sencort	53
6.3.- Medidor de espesores	55
7.- Descripción del Trabajo de Estudio	57
7.1.- Análisis de la lámina en el proceso de envasado	57
7.2.- Situación inicial de la Lámina	58
7.2.1.- Con respecto a la formulación	58
7.2.2.- Con respecto a la distribución de espesores	61
7.3.- Estudio de Mejora para el Producto	63
7.3.1.- Con respecto al COF	63
7.3.2.- Con respecto a la temperatura	65
7.3.3.- Con respecto a la distribución de espesores	66
8.- Mejora alcanzada en los parámetros de operación de la máquina de envasado	71

9.- Evaluación de Costos	73
9.1.- Situación Inicial vs. Situación Final	73
9.1.1.- Precios de Resinas utilizadas	73
9.1.2.- Costo de Formulación de Lámina	74
9.1.3.- Costo de Fabricación y Precio de Venta	76
10.- Conclusiones y Recomendaciones	79
10.1.- Conclusiones	79
10.2.- Recomendaciones	80
11.- Bibliografía	81
11.1.- Libros y Manuales	81
11.2.- Páginas de Internet	82
12.- Anexos	83
Anexo A: Plano del Proceso de Co-extrusión.	84
Anexo B: Evolución de los Polietilenos.	85
Anexo C: Especificaciones Técnicas de las Resinas	90

1.- RESUMEN

El siguiente trabajo consiste en la optimización de una Lámina Coextruída de PEBD de tres capas proveniente del Proceso de Coextrusión. Esta lámina es utilizada en el Proceso de Envasado, conteniendo una Solución de Hipoclorito de Sodio al 5%.

El trabajo de investigación de la optimización de la lámina, se realiza por medio de la información que nos da a conocer el cliente, y de los inconvenientes y problemas que ocurren en su proceso de envasado. El objetivo principal fue hacer que su Proceso de Embasado, utilizando Lámina de Polietileno proveniente del Proceso de Co – Extrusión, sea mejorado para lo cual se tomaron como variables para dicho objetivo, lo siguiente:

- 1.- Estabilización del espesor en todo lo ancho de la lámina.
- 2.- Modificar la formulación de la lámina coextruída, utilizando resinas que mejoren la sellabilidad, disminuyendo la temperatura de sellado de 130 °C a 110 °C así como también disminuir el Coeficiente de Fricción de la lámina, haciendo que la velocidad de embasado aumente y por ende, el Volumen de producción.
- 3.- Mantener constante las Propiedades Mecánicas de la lámina (Fuerza Tensil, %Elongación y Módulo Secante), después de los cambios efectuados.
- 4.- El precio de venta de la lámina coextruída no se incremente considerablemente después de los cambios efectuados.

Todas estas variables serán tratadas en dicho Informe de Suficiencia para lograr con el objetivo, además de otros parámetros y variables que serán mencionados en este proceso.

Cabe recalcar que estos datos son reales al igual que la Empresa Productora de Empaques Flexibles.

2.- INTRODUCCION

El Plástico es un material de diseño y construcción que compite con el acero, vidrio, madera, aluminio y muchos otros. Como todos los materiales, es aceptado o rechazado según su comportamiento donde se le utilice.

Los plásticos tienen aplicaciones dónde las propiedades como la rigidez, resistencia al calor, tenacidad, etc., son características primordiales de un producto final. Es por ello que el descubrimiento y comercialización de resinas nuevas continúa y el surgimiento de nuevos polímeros ha sido posible, con una gran diversidad de propiedades nuevas. Mediante aleación, mezcla, composición y técnicas de polimerización, se produce una nueva resina a partir de una ya establecida (de baja o alta densidad), pero con un nuevo conjunto de propiedades.

En el área de extrusión la tecnología no se ha quedado atrás, ya que actualmente existen matrices para procesar estructuras de 3, 5, 7 o mas capas en una sola operación. Esto permite producir láminas por extrusión de alto rendimiento y calidad a un bajo costo.

En el siguiente informe, se mezcla la innovación de nuevas resinas y la tecnología del proceso de extrusión de película soplada para, resolver un problema de envasado, convirtiéndose esto en una gran oportunidad de mejora para la empresa.

3.- OBJETIVOS GENERALES

El siguiente trabajo de investigación, tiene los siguientes objetivos:

- Optimizar la producción de una lámina de PEBD Coextruída de 3 capas, utilizada para el envasado de hipoclorito de sodio al 5%
- Mejorar la formulación de la lámina de P BD coextruída, mediante la utilización de mejores resinas y de la variación del porcentaje de las mismas.
- Controlar el Proceso de Producción de la lámina de P BD.

4.- CONCEPTOS GENERALES

4.1.- Concepto de Extrusión

La extrusión es un proceso continuo, en el que una resina es primeramente fundida mediante la acción de temperatura (calor) y presión, seguidamente es forzada a pasar a través de un dispositivo estrecho conocido como *dado*, que le proporciona una forma definida en su sección transversal y finalmente enfriada para evitar deformaciones permanentes.

4.2.- Proceso de Extrusión

La Extrusión es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista una perturbación mayor. El costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o Calandrado. Este proceso tiene una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extrusión deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina). La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión, requieren de procesos posteriores como el Proceso de Impresión, Laminado, Corte o Sellado con el fin de habilitar adecuadamente el artículo y ser utilizado para su embasado posterior.

A continuación se enlistan los productos que se encuentran en el mercado, obtenidos por el proceso de extrusión:

- Bolsas de usos diversos:
 - Comunes de supermercado.
 - De uso pesado.
 - Para conservar verduras frescas.
 - Bolsas para detergentes.
 - Bolsas para pañales, etc.
- Película plástica para usos diversos.
- Perfiles variados.
- Tuberías, etc.

COEXTRUSION.- Es un proceso dónde se mezclan diferentes tipos de resinas, las cuales son fundidas en tornillos diferentes y la masa total de estos se une para pasar luego por un dispositivo (dado), representando al final cada uno de ellos una parte del espesor de la lámina. Para nuestro caso se denomina Lámina Coextruída de tres capas, principalmente para obtener láminas que tengan resistencias a la humedad, barrera al oxígeno, barrera al aroma, sellabilidad, termo resistencia o cualquier otra propiedad.

4.2.1.- Equipo utilizado en el Proceso de Co-extrusión

En el proceso de extrusión, se cuenta con una Co-extrusora Rulli Standard de tres capas para la elaboración de empaques flexibles, y es utilizado para película tubular de polietileno.

Las especificaciones de la máquina son:

- Dado: Ø300mm.
- Tornillos: A de Ø50mm
B de Ø 2½" (63.5mm)
C de Ø50mm.
- Relación de Rosca: L/D 30:1
- Espesor del film: de 20 a 200 micrones.
- Presión de comprimido: 6bar.

- Largatura del tornillo (con Ø300mm): de 942 a 1319mm.
- Ancho de rodillos: 1400mm.
- Motores de cada tornillo de la co-extrusora:
Dos motores EF-50: 50HO CA
Un motor EF-2½: 75HP CA.
- Cabezal de tres cámaras con sistema de enfriamiento.
- Altura de la torre: 12m.
- Potencia total instalada: 315Kw.
- Capacidad de producción: 250Kg/hr.

Todo el proceso de producción puede manejarse desde un panel, que centraliza la máquina, el cabezal (equipos electrónicos de medición y sistema de registro automáticos), el tiro y la bobinadora, permitiendo la instalación del equipo en espacios reducidos.

4.2.2.- Partes del Equipo de Extrusión

Antes de nombrar las partes principales del Equipo de Extrusión, se muestra en la ***figura N° 1*** una sección típica de un extrusor monohusillo, donde la resina circula de izquierda a derecha.

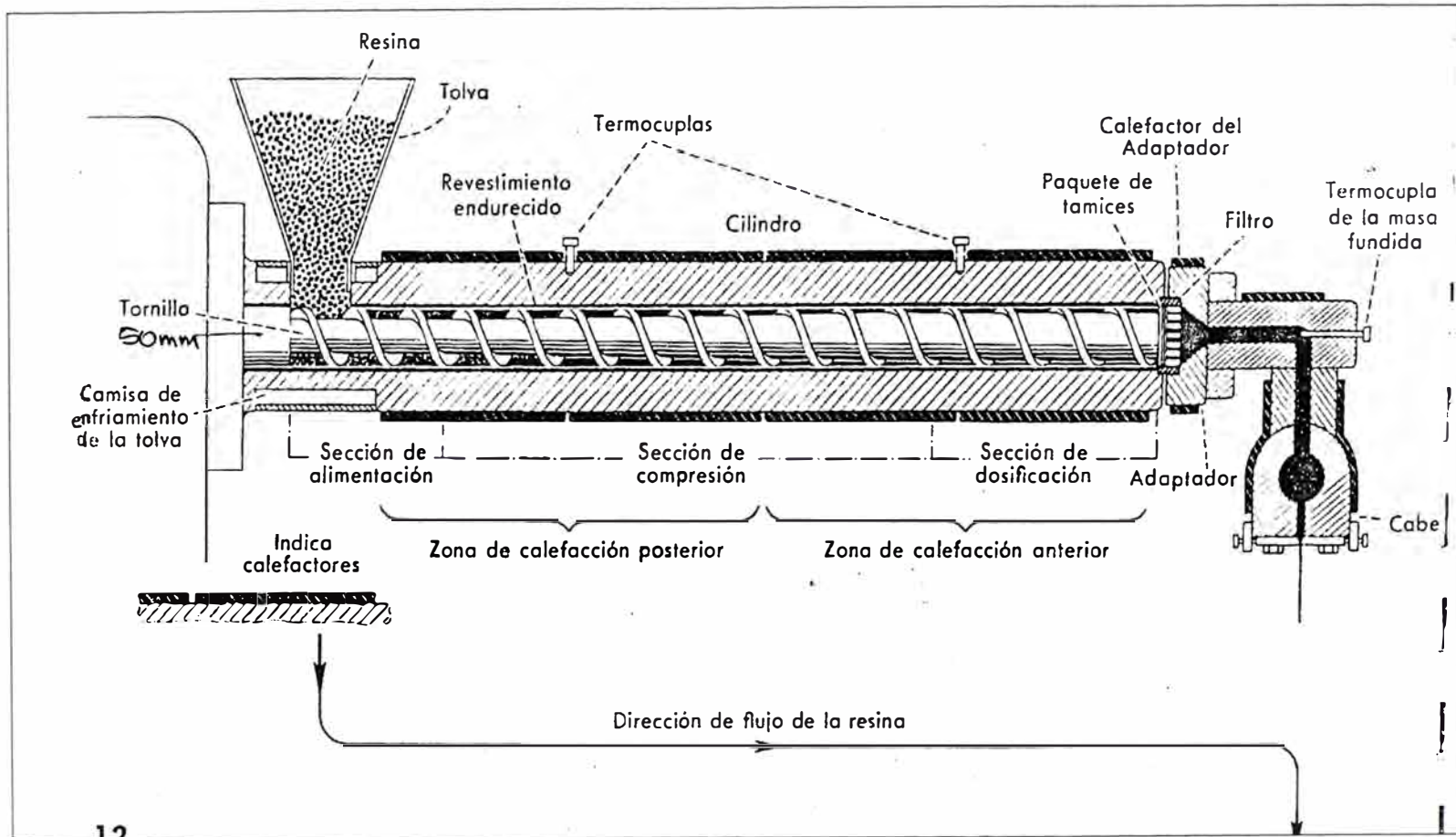


Figura N° 1: Corte de Extrusor Monohusillo Típico

A.- TOLVA

La tolva es el depósito de materia prima donde se colocan los pellets de material plástico para la alimentación continua del extrusor. Debe tener dimensiones adecuadas para ser completamente funcional; los diseños mal planeados, principalmente en los ángulos de bajada de material, pueden provocar estancamientos de material y paros en la producción.

La tolva cuenta con equipos auxiliares para mejorar su funcionamiento, tales como:

- Un sistema de alimentación automática de resina llamado **alimentador volumétrico**, que rellena la tolva por medio de aspiradoras de acuerdo a un programa definido y basado en la producción del sistema de extrusión. Este alimentador mide el peso de los materiales alimentados al extrusor desde la tolva especial de balanza y determina la velocidad de consumo de material. Una computadora compara la velocidad de consumo de material real en relación a puntos específicos de operación, hace análisis estadísticos y ajusta las velocidades necesarias para mantener el espesor de la película y la cantidad de producción. Cuando se detecta una desviación, el sistema de control corrige el proceso cambiando la velocidad del tornillo o de transporte.
- Imanes o magnetos para la obstrucción del paso de materiales ferrosos o metálicos, que puedan dañar el husillo y otras partes internas del extrusor.
- Un sistema de secado para eliminar la humedad del material que está siendo procesado.
- Una ventanilla transparente en uno de sus costados, que permite verificar el nivel de resina dentro de la tolva.

- Una tapa, preferentemente corrediza, la cual evita la contaminación de la resina con polvo, tierra y otras materias extrañas, que pueden producir roturas o agujeros en la película.

A continuación, se muestra en la *figura N° 2*, un tipo de tolva con alimentación volumétrica.



Figura N°2: Tolva con Mezcladoras Volumétricas.

B.- BARRIL, CAÑÓN O CILINDRO

Es un cilindro metálico que aloja al husillo o tornillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El material del barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste. La dureza del cañón se consigue utilizando aceros de diferentes tipos y cuando es necesario se aplican métodos de endurecimiento superficial de las paredes internas del cañón, que son las que están expuestas a los efectos de la abrasión y la corrosión durante la operación del equipo.

El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento, que puede ser mediante el flujo de líquido o por ventiladores de aire. Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.

Para la mejor conservación de la temperatura a lo largo del cañón y prevenir cambios en la calidad de la producción por variaciones en la temperatura ambiente, se acostumbra aislar el cuerpo del cañón con algún material de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio o el fieltro.

Materiales para la fabricación de cilindros

El avance en la ingeniería metalúrgica nos da la oportunidad de escoger diversos materiales para fabricar y revestir los cilindros según la aplicación que le vamos a dar.

1.- Cilindros Bimetálicos.- Tubos de acero con aleaciones de Níquel, Cobalto, Cromo, Boro-Hierro, etc., laminado o forjado sin costuras y maquinado interior completamente liso. Con revestimiento interior de partículas de carburo de tungsteno.

Espesor Revestimiento = 1.5 mm.

Dureza Rockwell = 55 - 64 (el más recomendado)

Podríamos tomar en cuenta los siguientes materiales para el revestimiento: Xaloy, Satélite, Colmonoy, etc.

2.- Cilindros Nitrurados.- La nitruración es un proceso para templar aceros aleados. El endurecimiento se consigue por

medio de la difusión de nitrógeno dentro de acero (gas ó iones).

El nitrógeno crea una delgada capa superficial de nitruros de aleación en el interior del cilindro.

El espesor de la capa depende de la composición del acero y la calidad del proceso.

C.- TORNILLOS O HUSILLOS

Es la pieza que en alto grado determina el éxito de una operación de extrusión. Con base a la *figura N° 3*, se describen a continuación las dimensiones fundamentales para un husillo y que, en los diferentes diseños, varían en función de las propiedades de flujo de polímero fundido que se espera de la extrusora.

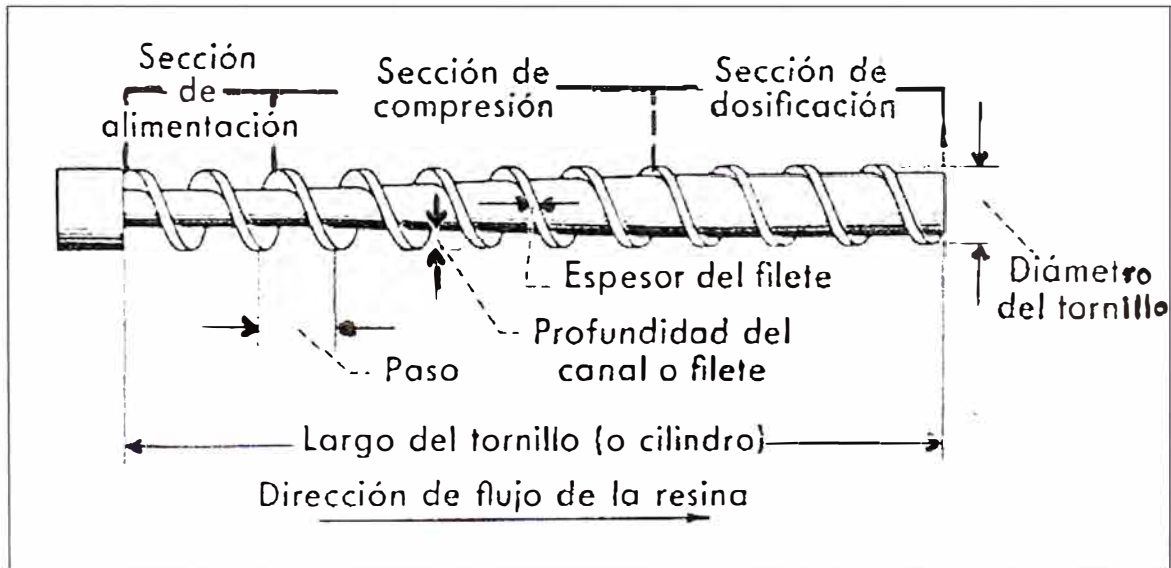


Figura N° 3: Tornillos o Husillos

a. Alabes o Filetes

Los alabes o filetes, que recorren el husillo de un extremo al otro, son los verdaderos impulsores del material a través del extrusor. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir del equipo.

Profundidad del Filete en la Zona de Alimentación

Es la distancia entre el extremo del filete y la parte central o raíz del husillo. En esta parte, los filetes son muy pronunciados con el objeto de transportar una gran cantidad de material al interior del extrusor, aceptando material sin fundir y aire que está atrapado entre el material sólido fundido.

Profundidad del Filete en la zona de Descarga o Dosificación

En la mayoría de los casos, es mucho menor comparado con la profundidad del filete en la alimentación. Ellos traen como consecuencia, la reducción del volumen de la resina fundida, ejerciendo una compresión entre el material plástico y los canales del tornillo. Esta compresión es útil para mejorar el mezclado del material y para la expulsión del aire que entra junto con la materia prima alimentada.

Relación de Compresión: R/C

Como las profundidades de los alabes no son constantes, se diseñan los tornillos dependiendo del tipo de material a procesar, ya que los plásticos tienen comportamientos distintos al fluir. La relación entre la profundidad del filete

en la alimentación y la profundidad del filete en la descarga, se denomina relación de compresión. El resultado de este cociente es siempre mayor a uno y puede llegar incluso hasta 4.5 para ciertos materiales. Comercialmente las relaciones R/C mas comunes, son:

$$R/C = 3 \text{ a } 4 : 1$$

b. Longitud

Tienen una importancia especial que influye en el desempeño productivo de la máquina y en el costo de ésta. Funcionalmente, al aumentar la longitud del husillo y consecuentemente la del extrusor, también aumenta la capacidad de plastificación y la productividad de la máquina, mejorando la calidad de mezclado y homogenización del material.

c. Diámetro

Es la dimensión que influye directamente en la capacidad de producción de la máquina; generalmente crece en proporción con la longitud del equipo. A diámetros mayores, la capacidad en kg/hr es presumiblemente superior. Al incrementar esta dimensión debe hacerlo también la longitud de husillo, ya que el aumento de la productividad debe ser apoyado por una mejor capacidad de plastificación y mezclado.

Como consecuencia de la importancia que tienen la longitud y el diámetro del equipo, y en base a la estrecha relación que guardan entre sí, se acostumbra especificar las dimensiones principales del husillo como una relación

longitud / diámetro (L/D). Comercialmente las relaciones L/D más comunes van desde:

$$L/D = 24 \text{ a } 30 : 1$$

Luego de haber atravesado los canales del tornillo, la resina fundida pasa a través de un paquete de tamices y del filtro que lo soporta hasta llegar al cabezal. El paquete de tamices sirve principalmente como filtro para materias extrañas que puedan haberse depositado en la tolva. También ayuda a aumentar la presión en el cilindro.

D.- CABEZAL O DADO

El cabezal tiene por función principal, conferir a la resina fundida, la forma de hoja o película en tubo u otras formas. Puede definirse como un núcleo y una envolvente de cilíndricos concéntricos, separados por un espacio que puede oscilar entre los 0,6 y 3,8mm, llamado abertura o tolerancia, tal como se muestra en la *figura N° 4*. Ambas estructuras metálicas, están controladas en temperatura por una serie de resistencias eléctricas.

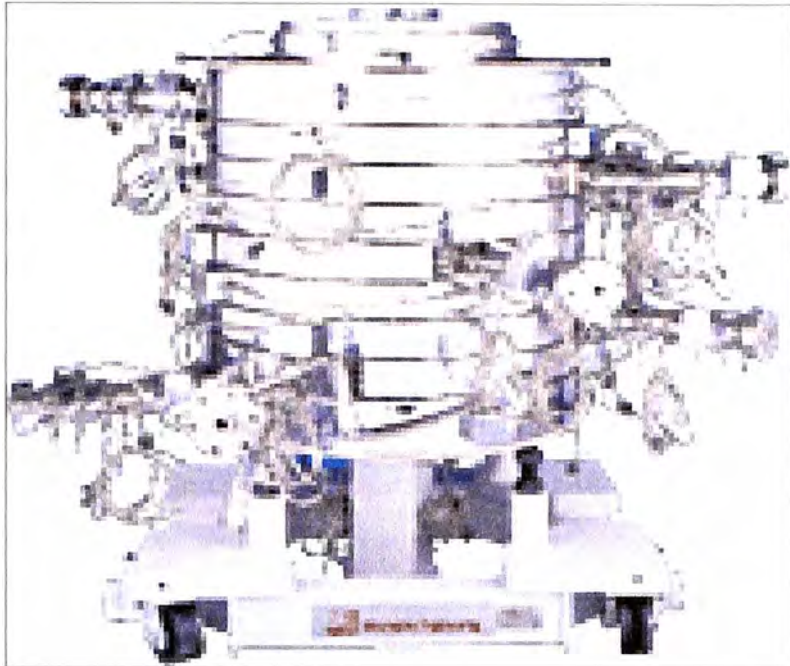


Figura N°4: Cabezal o Dado de una Co-extrusora

Las funciones del cabezal son:

- Forzar la masa fundida hacia una forma que se aproxime a su aspecto final.
- Mantener la masa fundida a una temperatura constante.
- Dosificar la masa fundida a presión y velocidad constante hacia los labios para obtener un espesor uniforme a lo largo de una circunferencia, que se transforma en una película por la acción de una expansión longitudinal y transversal al llegar a la zona de formación de la burbuja, con posibilidad de reducción del espesor.

La reducción de espesor de la película, puede ser causada también por:

- La Razón de Soplado (relación de soplado BUR)
- El encogido, debido al enfriamiento de la película durante el cambio de su estado fundido a su estado final, sólido.
- Estiramiento cerca del equipo de salida (Jalador o tiro).

E.- ANILLO DE ENFRIAMIENTO

Por la acción del extrusor, el polímero fundido abandona el cabezal, toma el perfil tubular de los labios del dado y continúa modificándose con un estiramiento longitudinal por acción del tiro de unos rodillos superiores y una expansión lateral por efecto de la presión del aire atrapado dentro de la burbuja (*figura N° 5*). Si el cabezal se encuentra uniformemente centrado y calentado y el material sale homogéneo, la película se forma con un espesor y diámetro constante.

El material extruído recibe un enfriamiento superficial mediante una corriente de aire proveniente del dispositivo llamado anillo de enfriamiento. El anillo de enfriamiento cumple con las siguientes funciones:

- Llevar el material fundido al estado sólido
- Estabilizar a la burbuja en diámetro y forma circular
- Reducir la altura de la burbuja
- En cierto casos, proporcionar claridad a la película, deteniendo la cristalización del polímero
- Mejorar la productividad.

Las variables a controlar para llegar al mejor enfriamiento de la película son:

- Volumen del aire.
- Velocidad del aire.

- Dirección del aire.
- Temperatura del aire.

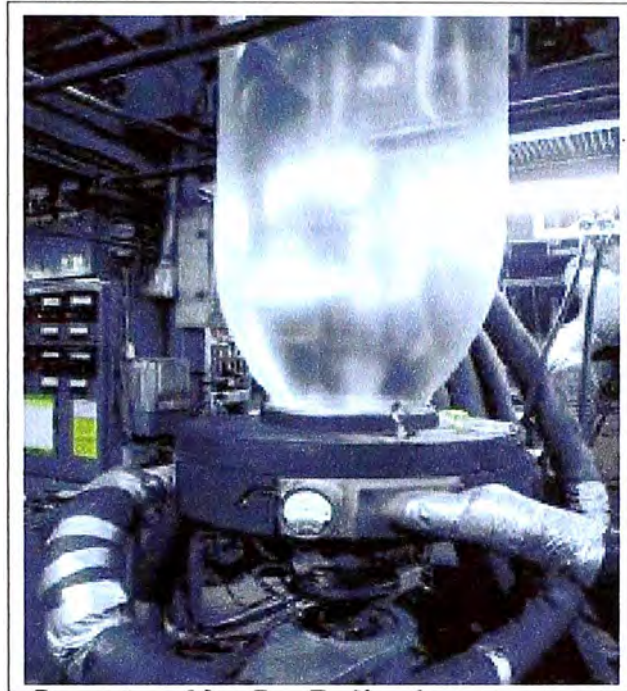


Figura N° 5: Formación de Burbuja.

F.- ESTABILIZADORES DE LA BURBUJA

El estabilizador de burbuja es un eje montado perpendicularmente sobre el centro del cabezal, y se encuentra entre la línea de solidificación de la lámina y los rodillos jaladores, teniendo como objetivo principal, el evitar las arrugas en el film. En los equipos actuales, el aire que se encuentra dentro de la burbuja es intercambiado constantemente por otra fuente de aire frío, y con una válvula de control se ajusta el aire diferencial entre el aire de suministro y de salida para mantener constante el tamaño de la burbuja. El

control de la cantidad y dirección del aire es esencial para mantener el espesor uniforme del film.

Este circuito cerrado y el sofisticado equipo electrónico hacen que los sistemas actuales tengan un ajuste rápido y controlen en forma precisa el tamaño de la burbuja. Un ejemplo de este equipo, se aprecia en la *figura N° 6*.

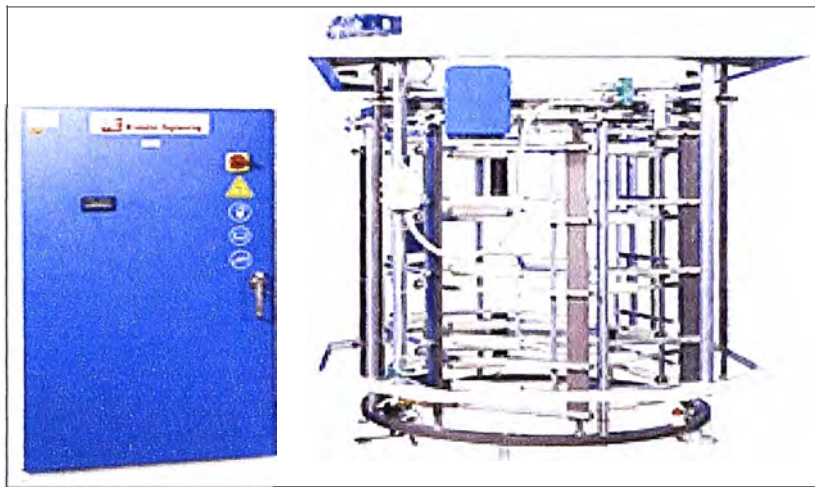


Figura N° 6: Estabilizador de Burbuja

Relación de Soplado y Ancho de la Manga:

Como es bien sabido, el diámetro de la burbuja es siempre mayor que el diámetro del cabezal. El primero dividido por el segundo es llamado Relación de Soplado.

$$\text{Relación de Soplado} = \frac{\text{Diámetro de la Burbuja}}{\text{Diámetro del Cabezal}} \quad \dots (1)$$

(BUR)

El diámetro de la burbuja no debe ser confundido con el ancho final de la película (manga), sino que el ancho de esta capa doble de película es 1,57 veces el diámetro de la burbuja (*figura N°7*). Así se tiene:

$$\text{Ancho de la Manga} = 1,57 * \text{Diámetro de la Burbuja} \quad \dots (2)$$

De (1) y (2) se obtiene:

$$\text{Relación de Soplado} = \frac{0,637 * \text{Ancho de la Manga}}{\text{Diámetro del Cabezal}} \quad \dots (3)$$

Estas fórmulas pueden ser utilizadas para calcular el ancho final de la manga sobre el rollo o la relación de soplado. Para ello debe conocerse uno de estos datos, así como el diámetro del cabezal (**figura N°7**).

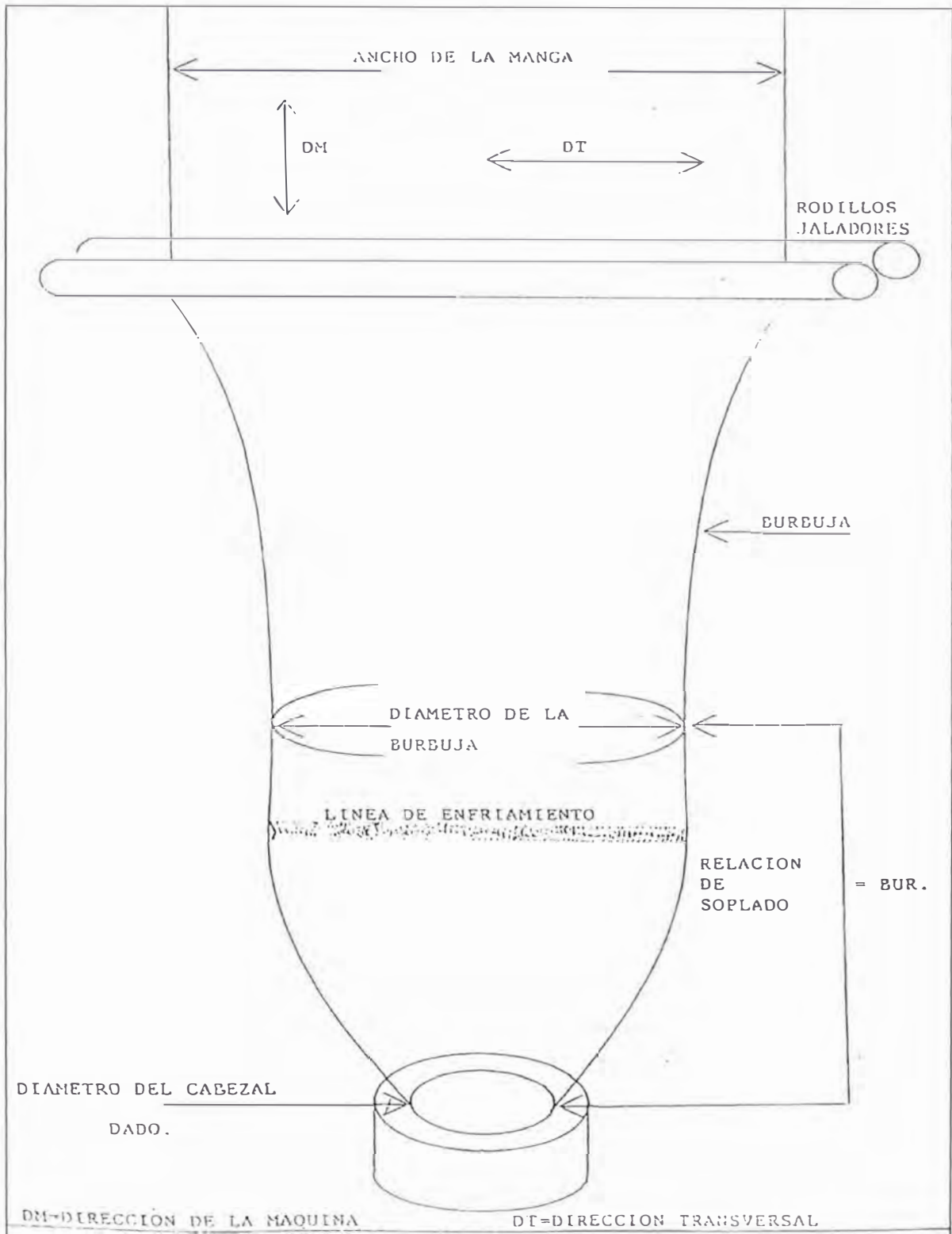


Figura N° 7: Relación de Soplado y Ancho de Manga luego de que los rodillos jaladores han aplastado el tubo en una capa doble de película.

G.- CORTINAS

Son estructuras de madera (listones) instalados por debajo del conjunto jalador y que a la vez soporta listones transversales para el centrado de la burbuja. Su instalación es en ángulo, siendo la abertura mayor en la parte inferior, hacia el cabezal.

Estos dispositivos se encargan de entregar la burbuja lo mejor plegada posible para los rodillos jaladores (pinzadores), y aplanan la burbuja para obtener un film parejo (sin arrugas). En el aplanamiento del film tubular, debido a la geometría del sistema, las partes de la burbuja en contacto con los listones centradores pueden tener distancias diferentes de las partes que corren libres para llegar a los rodillos jaladores. Para minimizar esta diferencia del largo y el riesgo del film arrugado, se sugiere que la cortina tenga una geometría de un ángulo de 20° hacia abajo; si la cortina presenta un ángulo mayor, el film presenta arrugas transversales, y si el ángulo es menor, el film presenta arrugas longitudinales (en el sentido y dirección del film). Cabe destacar que el montaje del extrusor (cortina, rodillos jaladores y rodillos en general), se deben de encontrar centrados, paralelos y perpendicularmente al cabezal hasta llegar a los embobinadores.

H.- RODILLOS JALADORES – CONJUNTO DE TIRO

Es un conjunto de cilindros que se encuentra instalado sobre la torre. Son dos rodillos paralelos: uno de metal revestido de neopreno y el otro de metal cromado, con un sistema de tracción de velocidad variable.

Polines – Rodillos Locos

Aunque no afectan la productividad de la línea de extrusión, influyen en la calidad de la película final, ya que deben tirar uniformemente para no provocar variaciones en el espesor. La película debe oprimirse con la firmeza necesaria para evitar la fuga de aire que pueda causar un descenso en el diámetro final. Para el logro de esta última función, uno a ambos rodillos son de acero recubierto con hule y uno de ellos está refrigerado.

Embobinadores

Las unidades de embobinado de película, son dispositivos encargados de enrollar el material producido en un tubo de cartón, (tubo) para suministrarlo finalmente a las máquinas de procesado final, tales como impresoras, cortadoras, selladoras, etcétera.

EL TRATAMIENTO CORONA: Importancia del Tratamiento Superficial de la Película en la Línea

El tratamiento Corona es el método más usado para obtener una micro-porosidad en la lámina, en la cual la tinta (del proceso de impresión) o el adhesivo (del proceso de laminado) pueda anclar químicamente. Consiste en la aplicación de una descarga de alto voltaje por medio de un generador de alta tensión y frecuencia (electrodo) que alimenta a un rodillo metálico (rodillo base). Estos se encuentran separados y el espacio de aire entre el electrodo y el rodillo base, puede ser de 1.5 a 2 mm, dependiendo de los materiales a tratar. El rodillo se encuentra recubierto por un aislante como poliéster, cerámica o elastómero de silicona, tal como se muestra en la *figura N° 8*.



Figura N° 8: Equipo de Tratamiento Corona

Los electrones que se aceleran en el espacio de aire, ocasionan las descargas eléctricas en el material y rodillo base, rompen la molécula de oxígeno (O_2) en este espacio de aire y originan radicales libres ($O\bullet$) que a su vez se unen a moléculas de oxígeno y forman moléculas de Ozono (O_3). Este último gas es altamente corrosivo y oxida todos los materiales que se encuentren a su alrededor, sean metales o plásticos, por eso, es muy importante hacer la extracción adecuada del mismo a través de un sistema de eliminación.

Para obtener una buena adhesión al imprimir o al laminar, el polietileno se debe tratar a un nivel mínimo de 38 dinas. Conjuntamente los aditivos y la cristalinidad de la película afectan la dificultad y durabilidad del tratamiento. Los aditivos comúnmente usados para alterar las características de las resinas son los siguientes:

- Antioxidantes.
- Pigmento blanco (TiO_2).
- Agentes antiblock.
- Agentes antiestáticos.
- Deslizantes

De estos aditivos, los que afectan la tratabilidad del polímero son el TiO_2 y los deslizantes.

- El TiO_2 es añadido al polímero para darle una coloración blanca a la lámina, y se adiciona entre un 5% y 10% del porcentaje total. Este aditivo absorbe por naturaleza algo de deslizante y tiende a migrar a la superficie.
- El deslizante o *Erucamida*, de la misma manera que el TiO_2 , pero más dramáticamente, migra a la superficie porque es incompatible con el polímero, formando una capa lubricante que reduce el Coeficiente de Fricción (COF).

En la *figura N° 9*, *figura N° 10*, *figura N° 11*, *figura N° 12*, *figura N° 13*, *figura N° 14* y *figura N° 15*, se puede apreciar un equipo de co-extrusión en pleno funcionamiento.



Figura N° 9: Tolva con Sistema de alimentación Volumétrico.

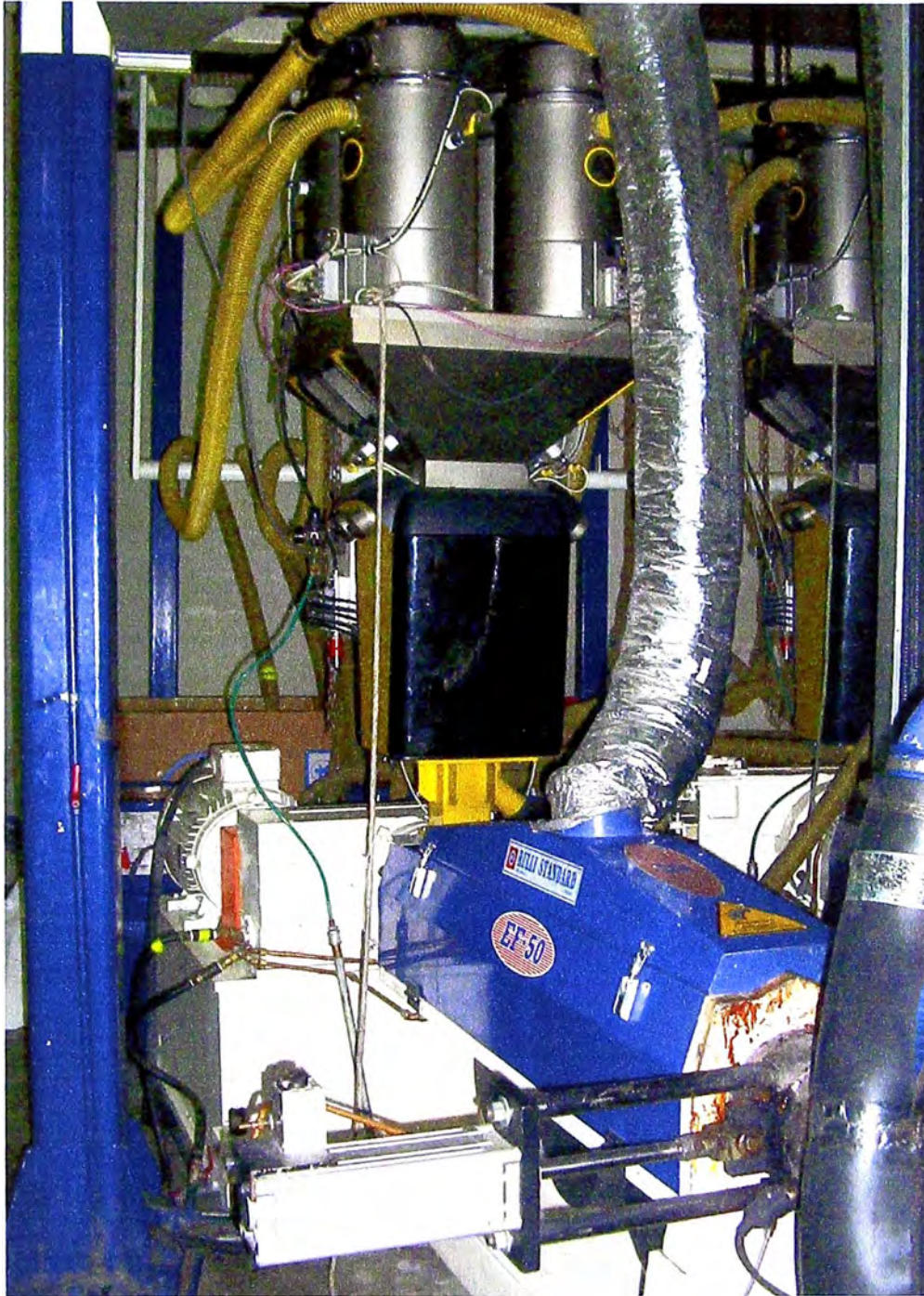


Figura N° 10: Cilindro de extrusión.

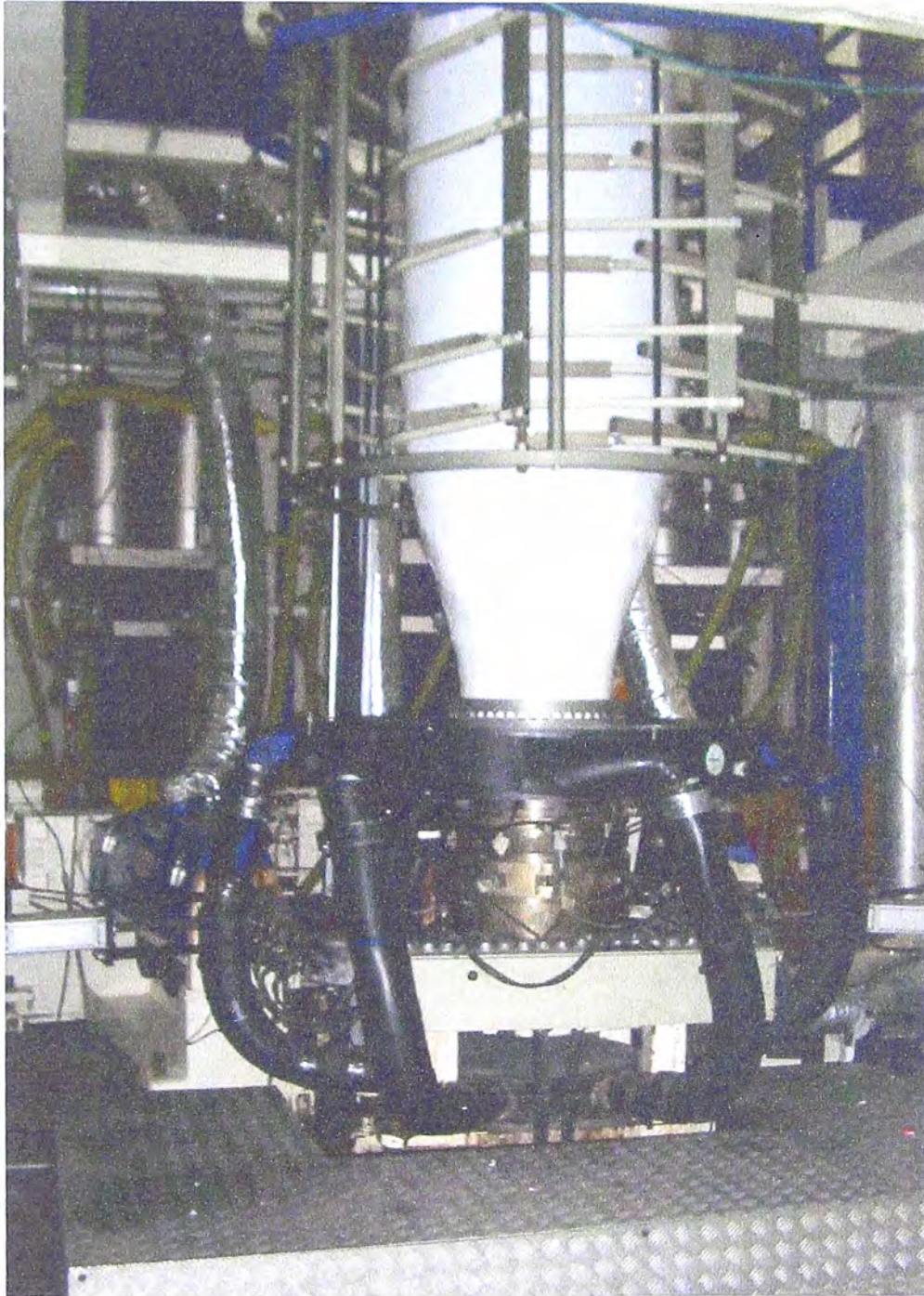


Figura N° 11: Cabezal y Estabilizador de Burbuja.



Figura N° 12: Burbuja, Cortinas y Rodillos Jaladores.



Figura N° 13: Recorrido de la lámina antes de ser tratada.



Figura N° 14: Tratamiento Corona y Embobinadores.

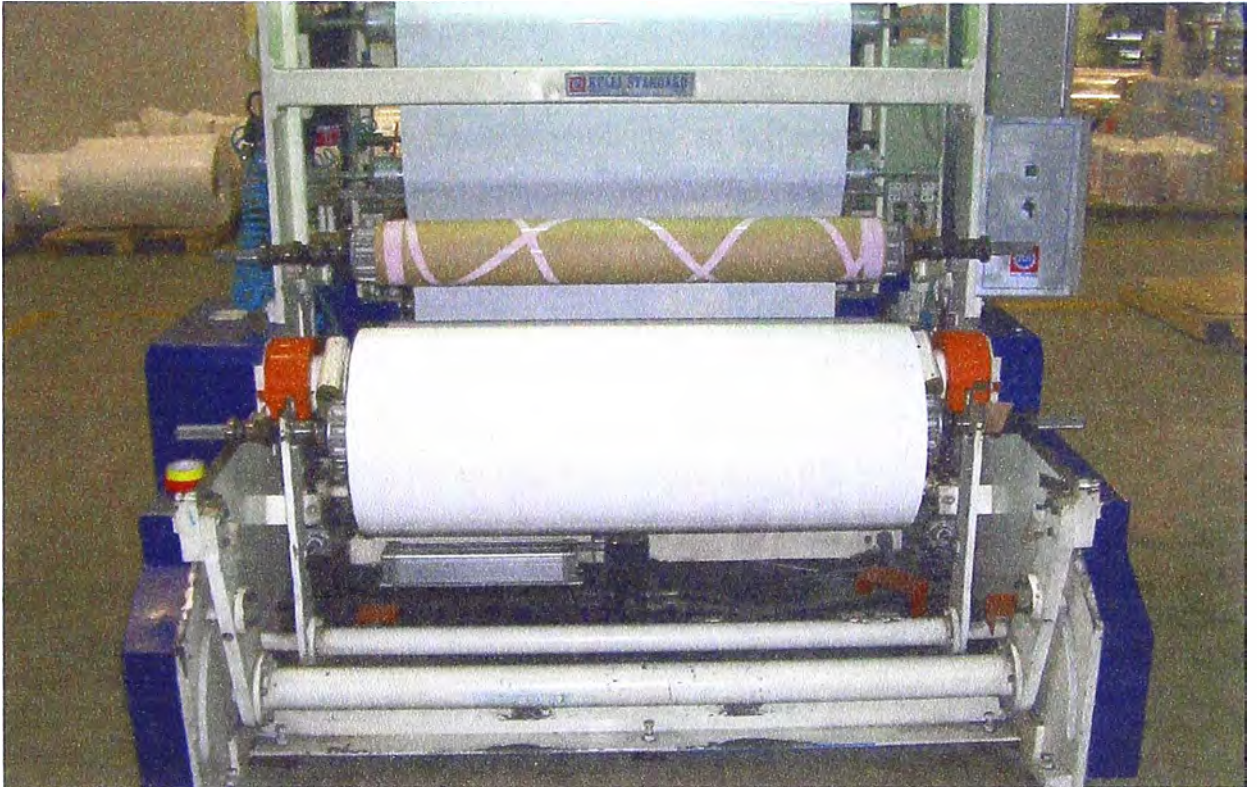


Figura N° 15: Parte frontal del embobinador.

4.3.- Propiedades principales del producto de extrusión

Entre estas tenemos:

4.3.1.- Espesor de lámina (calibre)

Es una variable muy importante en el proceso de extrusión, ya que indica la uniformidad del espesor de la lámina en todo el ancho. Un factor que origina que la película tenga el espesor desigual, es un mezclado defectuoso, haciendo secciones débiles (donde la película sea más delgada) y secciones gruesas, originando un desperdicio de resina, por lo que es esencial verificar periódicamente el espesor mediante un calibre o micrómetro.

4.3.2.- Coeficiente de Fricción

La facilidad de deslizamiento se expresa con el Coeficiente de Fricción (COF). Mientras menor es este coeficiente, mayor es la facilidad de deslizamiento. El COF está ligado a la cantidad de Aditivo denominado Slip, el cual está formulado a base de un derivado de ácido graso (Erucamida) y carbonatos precipitados de alta pureza. Todos estos ingredientes están perfectamente dispersos y homogenizados en una resina base de LDPE.

Generalmente se comprende que a mayor efecto de slip, menor es el COF, como se puede apreciar en la *tabla N° 1*:

Slip alto	0.05 – 0.20
Slip medio	0.20 – 0.40
Slip bajo	0.50 – 0.80
Sin Slip	0.90 – 2.0

Para llegar a un Slip bajo, se recomienda las siguientes dosificaciones a diferentes espesores, según se muestra en la *tabla N° 2*:

Espesores en Micrones (mc)	25	30	38	50	80	100
% Aditivo Slip	3.0%	2.4%	2.2%	2.0%	1.5%	1.0%
P.P.M. (*)	1500	1200	1100	1000	750	500

(*) Especificación dada por cliente Schulman. Recomienda para climas cálidos (temperaturas mayores a 30°C) y con un espesor mayor a 100mc, una cantidad de Slip mayor a 700 ppm.

4.3.3.- *Propiedades Mecánicas*

4.3.3.1.- *Resistencia: Fuerza Tensil.*

La resistencia es una propiedad mecánica muy importante cuando se habla de polímeros. Existen varios tipos de resistencia, pero de la que mencionaremos es la **ténil**. La resistencia ténil es importante para un material que va a ser extendido o va a estar bajo tensión.

Para medir la resistencia ténil de una muestra polimérica, se utiliza un equipo como la Thwing Albert. Este equipo sujeta cada extremo de la muestra y luego procede a estirla. Mientras dura el estiramiento de la muestra, va midiendo la fuerza (F) que está ejerciendo. Como conocemos la fuerza que se está ejerciendo sobre la muestra, se la divide por el área (A) de la muestra. El resultado es la tensión que está experimentando la muestra.

$$\frac{F}{A} = \text{stress}$$

4.3.3.2.- *Elongación.*

La elongación es un tipo de deformación que experimenta la muestra bajo tensión. Cuando hablamos de tensión, la muestra se deforma por estiramiento, volviéndose más larga, llamando a esto elongación.

Por lo general, hablamos de porcentaje de elongación, que es el largo de la muestra después del estiramiento (L), dividido por el largo original (L₀), y multiplicado por 100.

$$\frac{L}{L_0} \times 100 = \% \text{ elongation}$$

4.3.3.3.- Módulo.

Si queremos conocer cuánto un material resiste a la tensión, medimos el módulo. Se incrementa lentamente la tensión y se mide la elongación que experimenta la muestra en cada nivel de tensión, hasta que finalmente se rompe. Luego se grafica la tensión vs elongación, de acuerdo a la *figura N° 16*:

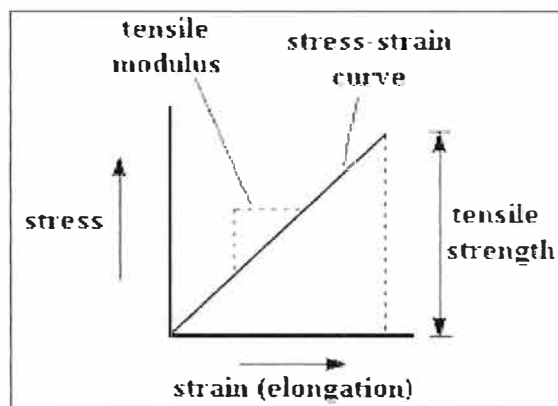


Figura N° 16: Curva de Tensión - Estiramiento

La altura de la curva cuando la muestra se rompe, representa obviamente la resistencia ténsil, y la pendiente representa el módulo ténsil. Si la pendiente es pronunciada, la muestra tiene un alto módulo ténsil, lo cual significa que es resistente a la deformación. Si es suave, la muestra posee bajo módulo ténsil y por lo tanto puede ser deformada con facilidad.

Para polímeros, como los plásticos flexibles, se obtienen curvas como la que se aprecia en la *figura N° 17*:

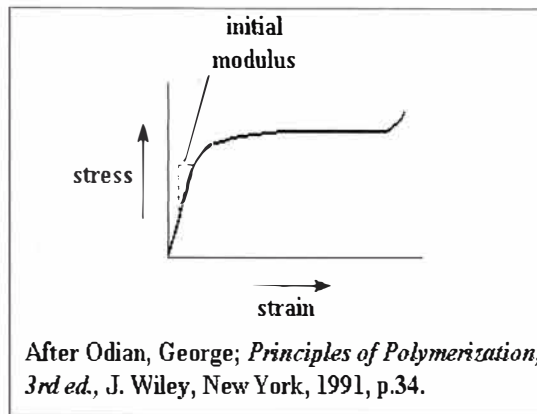


Figura N° 17: Curva de Esfuerzo-Deformación.

A medida que la tensión se incrementa, la pendiente, es decir el módulo, no es constante, sino que va experimentando cambios. En casos como éste, generalmente tomamos como módulo la pendiente inicial. El módulo se mide calculando la tensión y dividiéndola por la elongación; dado que la elongación es adimensional, por lo tanto el módulo es expresado en las mismas unidades que la resistencia, es decir, en N/cm^2 .

5.- MATERIA PRIMA UTILIZADA EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

5.1.- Concepto de Resinas

Una resina es una sustancia sólida o de consistencia pastosa y pegajosa de estructura macromolecular, insoluble en el agua, a veces soluble en alcoholes y/o aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el fuego. Las resinas, son polímeros (del griego poli = muchas; meros = parte, segmento), que son sustancias cuyas moléculas son (al menos aproximadamente) múltiplos de unidades de peso molecular bajo (monómeros). Según el número de monómeros que contiene, se habla de dímeros, trímeros, tetrámeros, pentámero y sucesivos y en general, el número de veces que se encuentren unidos las moléculas en el polímero, se denomina Grado de Polimerización. Un polímero no tiene la necesidad de constar de moléculas individuales todas del mismo peso molecular, y no es necesario que tengan todas la misma composición química y la misma estructura molecular.

Los polímeros pueden ser:

a.- Naturales: En este grupo tenemos el alcanfor, la goma de Arabia, el caucho o látex del árbol de los árboles de hevea y de los arbustos de Guayule, son también polímeros naturales importantes.

b. Sintéticos: La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas, Estos provienen de los derivados del petróleo y se clasifican en:

- Termoplásticos: Son polímeros de cadenas largas que cuando se calientan se reblandecen y al enfriarse nuevamente se solidifican. Pueden moldearse a presión. Los principales son:

- Polietileno: PE
 - Polipropileno: PP
 - Cloruro de Polivinilo: PVC
 - Poliestireno: PS
 - Estireno-acrilonitrilo: SAN
 - Copolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno: ABS
- Termorígidos / Termofijos: Se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde. Polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión, formando una masa rígida y dura. Los principales son:
- Poliuretanos.
 - Resinas de Urea – formaldehído y melamina – formaldehído.
 - Resinas fenólicas.
 - Resinas epóxicas.
 - Resinas poliéster.

Nuestro tema de estudio está referido al Polietileno, el cual se detalla a continuación:

5.1.1.- Polietileno

El Polietileno pertenece al grupo de los polímeros Poliolefinas, que provienen de alquenos (hidrocarburos con dobles enlaces). Son polímeros de alto peso molecular, y termoplásticos poco reactivos, debido a que están formados por hidrocarburos saturados.

Los polietilenos se clasifican principalmente en base a su densidad (de acuerdo al código ASTM), como:

5.1.1.1.- Polietileno de Baja Densidad (LDPE)

Es un polímero termoplástico de cadena larga, altamente ramificado con una densidad de 0.915 a 0.925 g/cm³ y un peso molecular de hasta 4*10⁶. El LDPE se produce por polimerización del etileno por el mecanismo de radicales libres, y a presión y temperaturas elevadas. Es un material traslúcido, inodoro, con un punto de fusión promedio de 110 °C, y tiene conductividad térmica baja.

Sus principales aplicaciones son dentro del sector del envase y empaque (bolsas, botellas, películas, sacos, tapas para botellas, etc.), y como aislante (baja y alta tensión).

5.1.1.2.- Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)

Es un material termoplástico duro y resistente, que consiste en un esqueleto lineal con ramificaciones laterales cortas, con una densidad entre 0,905 y 0,945 g/cm³. El proceso básico de obtención es mediante la copolimerización del etileno y pequeñas cantidades de un monómero de elección, usando un catalizador. Los comonómeros comúnmente usados son el 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno. Entre sus propiedades se pueden mencionar:

- Presenta una buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción.
- Posee buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C)
- En películas posee excelente elongación.

Sus principales aplicaciones son como película encojible, película estirable, bolsas grandes para uso pesado, acolchonado agrícola, etc.

5.1.1.3.- Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Es un material termoplástico parcialmente amorfo y parcialmente cristalino, con una densidad que varía entre 0.960 a 0.965 g/cm³. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, de la cantidad de comonomero que a veces se le adiciona y del tratamiento térmico aplicado. Su manufactura es mediante un proceso de baja presión con unos catalizadores del tipo óxido de un metal de transición o del tipo Ziegler/Natta.

CATALIZADORES ZIEGLER/NATTA.- Son complejos formados por la interacción de Alquilos (o arilos) de los metales de los grupos (I) a (III) de la tabla periódica, con Haluros u otros compuestos de los metales de transición de los grupos (IV) a (VI). Los catalizadores más efectivos encontrados fueron aquellos basados en los compuestos de titanio (cloruro de titanio/tri alquil aluminio) que podían producir el PE con pesos moleculares del orden de 300000 y a presiones cercanas a la atmosférica. Estos catalizadores actúan en la polimerización y ordena espacialmente los grupos sustituyentes, con respecto al plano de simetría formado por los átomos de carbono (*tacticidad*), en tres tipos de isómeros:

- Isotáctico.- Los grupos sustituyentes quedan colocados del mismo lado de la cadena.

- Sindiotáctico.- Se colocan los grupos sustituyentes alternadamente.
- Atáctico.- Sin regularidad estructural.

Para entender mejor, se tomará como ejemplo la isomerización del polipropileno, el cual se aprecia en la **figura N° 18**.

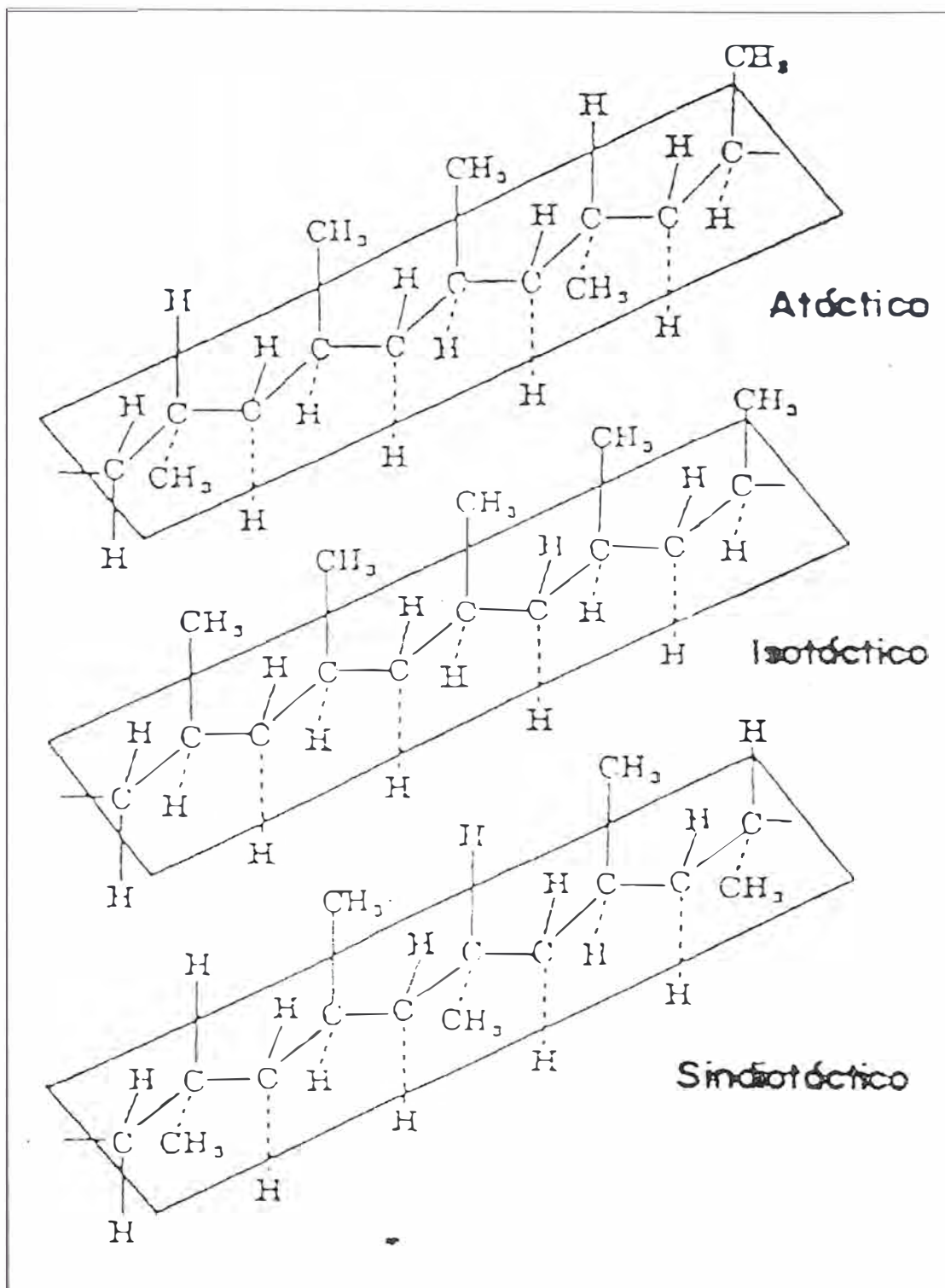


Figura N° 18: Isomerización del Polipropileno.

Entre las propiedades del HDPE, se tiene:

- Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) que el LDPE y el LLDPE.
- Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión.
- No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.
- Impiden el paso de la humedad.

Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías, juguetes, etc.

Si la densidad del polietileno aumenta, aumentan también propiedades como la rigidez, dureza resistencia a la tensión, resistencia a la abrasión, resistencia química, punto de reblandecimiento e impacto a bajas temperaturas. Sin embargo, este aumento significa una disminución en otras propiedades como el brillo, resistencia al rasgado y la elongación.

En la **tabla N° 3** se aprecian algunas propiedades de los tres tipos de polietileno explicados y en la **Figura N° 19**, las diferencias entre sus moléculas.

Tabla N° 3: Algunas Propiedades de los LDPE, LLDPE y HDPE

Propiedad	LDPE	LLDPE	HDPE
Densidad	0.92 – 0.93	0.922 - 0.926	0.95 – 0.96
Elongación (%)	550 - 600	600 - 800	20 - 120
Máxima Temperatura de uso (°C)	82 - 100	480	80 - 120

FUENTE: "Enciclopedia del Plástico 2000"; Centro Empresarial del Plástico

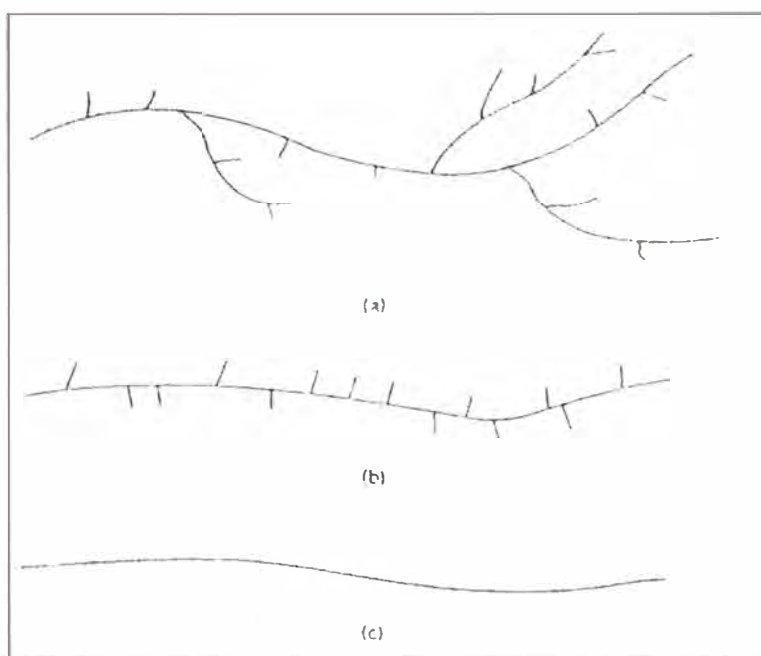


Figura N° 19: Diferencias entre moléculas de a) LDPE, b) LLDPE, c) HDPE

5.2.- Principales Resinas existentes en el mercado

Existe una gran variedad de resinas de polietileno en el mercado, y se diferencian de las demás por el grupo al que pertenecen. Entre las principales resinas y sus respectivos proveedores, se tiene (*tabla N°4*):

Tabla N°4: Principales Resinas y aditivos que contiene

Resina	Naturaleza Química	Aditivo que contiene	Proveedor Principal
Polybatch AMF 705	LLDPE	Ayudante de Proceso	A. Schulman de México
Polybatch AMF 702	LDPE		A. Schulman de México
Comaster 725-1 NT	LDPE		Comai LTDA
Masterbatch 842-5	LDPE		Dispercol S.A.
Polybatch FTA 50L20	LDPE		A. Schulman de México
Comaster 735-1 AB	LDPE		Comai LTDA
Polybatch FTA 50P	LDPE		A. Schulman de México
Polybatch CE 505E	LLDPE	Aditivo Slip	A. Schulman de México
Masterbatch Slip 82	LDPE		Dispercol S.A.
Masterbatch Blanco I.L-70	LLDPE	Pigmento Blanco	Dispercol S.A.
Cromex BR 770	LLDPE		Cromex Brancolor LTDA.
Polybatch Blanco 8000 P	LDPE		A. Schulman de México
Polybatch AO 25A	LDPE	Aditivo Antioxidante	A. Schulman de México
Polybatch AO 05E	LDPE		A. Schulman de México
Hanwha 5320	LDPE	De uso General	LG International
Hanwha 5317	LDPE		LG International
Lupolen 2426 H	LDPE		Basell Polyolefins
Exxonmobil LD 133	LDPE		Muehlstein International
Dow 641 I	LDPE		PBB Polisor
Dow 503 A	LDPE		PBB Polisor
Lupolen 2420 D	LDPE		Basell Polyolefins
Lupolen 33	LDPE	De uso Pesado	Basell Polyolefins
Dow 132 I	LDPE		PBB Polisor
Affinity PL 1881	LDPE	Plastómero	The Dow Chemical Company
Dowlex TG 2085B	LLDPE	Lineal Octeno	PBB Polisor
Dowlex 2101	LLDPE		PBB Polisor
Venelene 7000F	HDPE	Alta Densidad	Poliolefinas Internacionales
Yuzex 8800	HDPE		LG International
Certene HPB-0760	HDPE		Muehlstein International
Exceed 1018 FA	LDPE	Metaloceno Exceno	Muehlstein International
Elite 5110G	LDPE	Metaloceno Octeno	PBB Polisor
Elite 5400G	LDPE		PBB Polisor
Elite 5401G	LDPE		PBB Polisor
Elite 5500G	LDPE		PBB Polisor

5.3. Propiedades importantes de los Aditivos de las resinas

Para lograr obtener un determinado producto, adicionalmente a las resinas base, es necesario añadir otras sustancias auxiliares (aditivos) que ayudan a procesar el material o a mejorar sus propiedades. Entre los diferentes tipos de aditivos que existen en el mercado, se encuentran:

5.3.1.- Aditivos Plastificantes

Son sustancias de baja temperatura de ebullición que se agregan a los polímeros para mejorar su flexibilidad, extensibilidad y procesabilidad. Actúan como separadores de las cadenas de polímero, reduciendo las atracciones intermoleculares y promoviendo así una mayor movilidad de las cadenas, que se refleja en un ablandamiento de la estructura del polímero base.

5.3.2.- Aditivos con Estabilizadores Térmicos

Son sustancias que permiten controlar la extremada susceptibilidad a la degradación de los polímeros permitiendo de esta forma su procesamiento. Tienen además la finalidad de neutralizar y reaccionar con el ácido clorhídrico que se genera por degradación de la resina, previniendo la decoloración del compuesto durante el proceso de transformación. Deben de ser:

- Receptores de ácido clorhídrico.
- Los productos que se formen con él deben ser insolubles, inodoros y resistentes al agua.
- No presentar problemas de compatibilidad.
- Ser absorbedores de luz ultravioleta.
- Ser no tóxicos y usarse en pequeñas cantidades.

5.3.3.- Aditivos Lubricantes

Mejoran la procesabilidad de los polímeros reduciendo la fricción entre las partículas del material y retrasando la fusión del mismo. Reducen además la viscosidad del fundido, promoviendo el buen flujo del material. Evitan que el polímero caliente se pegue a las superficies del equipo de procesamiento y mejoran el acabado superficial del producto.

5.3.4.- Aditivos Lubricantes Externos

Reducen la fricción entre las partículas del polímero y las superficies metálicas de la maquinaria.

5.3.5.- Aditivos Modificadores de Impacto

Dan mayor resistencia al impacto a temperaturas más bajas e imparten flexibilidad a compuestos rígidos.

5.3.6.- Aditivos de Ayudas de Proceso

Mejoran la procesabilidad de los polímeros sin afectar sus propiedades y reducen los defectos superficiales.

5.3.7.- Aditivos Estabilizadores UV

El Estabilizador UV contiene en su formulación, compuestos que ofrecen estabilidad a la luz y resistencia a la degradación térmica. Su uso es ideal para prolongar el tiempo de vida del artículo final. El porcentaje a adicionar en la formulación de la lámina, dependerá del espesor de esta, de la cantidad de energía solar a la que el artículo estará expuesto, entre otros factores.

5.3.8.- Aditivo purgador

El aditivo purgador está formulado a base de productos especiales bien dispersos y homogéneos en una resina de alta densidad. Posee un alto poder de arrastre y por lo tanto de limpieza en los equipos de extrusión, especialmente después de cada cambio de color en producción o cuando hay diferencias drásticas entre las resinas participantes en dos producciones sucesivas.

5.3.9.- Aditivos Antibloqueo

El aditivo Antiblock se utiliza para disminuir la fuerza que se requiere para separar dos películas. En algunos casos las caras de una película se adhieren una a otra (bloqueo) dificultando la apertura de la bolsa. El bloqueo sucede por acción de presión o temperatura.

5.3.10.- Aditivos deslizantes

Los aditivos deslizantes se agregan para facilitar el deslizamiento de estas sobre superficies metálicas o sobre la misma película. La disminución en el coeficiente de fricción es el resultado de la migración del aditivo deslizante a la superficie de la película por resultado de la incompatibilidad del aditivo con el polímero.

5.3.11.- Pigmentos

Los pigmentos blancos son altamente utilizados en la pigmentación de películas y piezas plásticas porque fuera de impartir el color blanco, característico de limpieza e higiene, también imparten opacidad o cubrimiento, evitando que el contenido de los recipientes se observe.

El pigmento más utilizado es el dióxido de Titanio (TiO_2). Este pigmento por tener un alto índice de refracción le imparte al recipiente una elevada opacidad.

La opacidad esta relacionada principalmente con dos variables importantes: el contenido de pigmento blanco y el espesor del recipiente. Mientras mayor sea el contenido de pigmento y mayor el espesor, es mayor la opacidad.

A continuación se presenta la **tabla N° 5**, dónde se detallan algunas propiedades de las resinas y sus aditivos que posee:

Tabla N° 5: Resumen de las resinas a utilizar.

N°	Resina	Aditivo	Base	Densidad (g/cc)	Melt Index (g/10min)	Concentrado (%)	Slip (ppm)	Antiblock (ppm)
1	Polybatch FTA 50P	- Aditivo antibloqueo.	LDPE	0.917	9.0	50% Antiblock mineral	---	500000
2	Polybatch AMF 702	- Ayuda de proceso. - Lubricantes externos.	LDPE	0.923	2,4	2.5 Fluoropolímero	---	---
3	Polybatch CE-505-E (*)	- Aditivo deslizante.	LLDPE	0.920	20	5% Erucamida	50000	---
4	Polybatch AO 25 ^a		LDPE	0.921	11	---	---	---
5	Lupolen 2420F		LDPE	0.923	0,75	---	---	---
6	Lupolen 33		LDPE	0.922	0,30	---	---	---
7	Exceed 1018 FA	- Aditivo deslizante. - Aditivo antibloqueo.	LDPE	0.918	1,0	---	450	4500
8	Elite 5401G	- Aditivo deslizante. - Aditivo antibloqueo.	LDPE	0.918	1,0	---	1000	2500
9	Masterbatch Blanco LL-70	- Pigmento.	LLDPE	0.924	20	70% TiO ₂	---	---
10	Affinity PL 1881	- Aditivo deslizante. - Aditivo antibloqueo.	LDPE	0.904	1,0	---	100	750

(*) Esta resina contiene 500ppm por cada 1% de Slip. Tabla obtenida de las especificaciones técnicas del cliente

6.- EQUIPOS DE LABORATORIO UTILIZADOS PARA LA INSPECCION DE LAS LAMINAS

Se utilizan diferentes equipos de laboratorio para la realización de las pruebas de control de calidad de las láminas extruidas. Entre estos equipos se tienen:

6.1.- Equipo Thwing Albert – Eja Vantaje

El Eja-Vantaje es un equipo universal para pruebas mecánicas. Cuenta con un Software MAP3, el cual controla vía conexiones de interfases seriales entre el ensayador y cualquier PC estándar o laptop. El software permite desarrollar ensayos de tensión, compresión y laminado, Coeficiente de Fricción, en donde se almacena la información y analiza los resultados.

El Software MAP3 muestra curvas de ensayo en tiempo real, desarrolla análisis estadístico y exporta resultados a paquetes de manejo de data, incluyendo Access y Excel. Presenta además:

- Calibración electrónica automática.
- Auto cero en un toque.
- Switches de aire electrónico.
- Un interfaz serial a PC.
- Panel de control de pruebas movable.
- Scrip de métodos que cumplen con las normas ASTM.

La Eja Vantaje proporciona la mayor versatilidad con la menor cantidad de espacio. Con un amplio rango de agarraderas y adecuaciones disponibles, proporciona una plataforma para medidas de propiedades tensiles, laminado, compresión, desgarró, relajación de tensión e inserción/extracción, coeficiente de fricción, y ensayos para estándares internacionales a través de industrias variadas. El Eja Vantaje es ideal para:

- Industria del Papel y Textiles.
- Industria de láminas, plástico y caucho.

- Industria de Materiales de empaque.
- Industria de Adhesivos.

En la *figura N° 20*, se muestra un completo equipo Thwing Albert, que cuenta con el software MAP3 y una guillotina JDC Presición Simple.

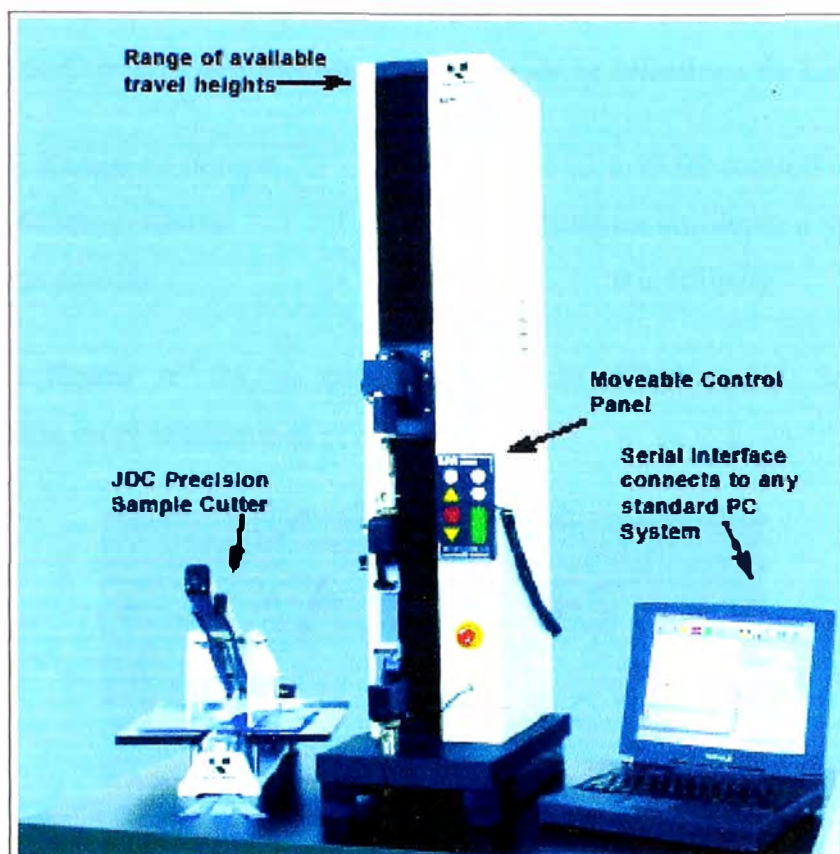


Figura N° 20: Equipo Thwing Albert – Eja Vantaje

6.2.- Selladora de Laboratorio DT Sencort

Es un equipo de laboratorio utilizado para verificar la sellabilidad de una lámina. La selladora es un equipo que se asemeja a una máquina de envasado automático y nos permite manejar dos variables muy importantes, como son:

- La temperatura óptima de sellado.- Es la temperatura en la cual dos o más láminas de PE son unidas por efectos del calor (mordazas), dando como resultado una fuerza de unión máxima entre estas.

- Velocidad de envasado.- Es el tiempo de contacto que existe entre las dos mordazas para unir el material y sellarlo.

Este equipo cuenta con las siguientes especificaciones operacionales, tal como se demuestra en la *tabla N° 6*:

Tabla N° 6: Especificaciones operacionales de la selladora de Laboratorio

Rango de tiempo	0.01 a 99.99 segundos
Rango de temperatura	Temperatura ambiente a 400 ° F
Rango de presión	0 a 100psig

En la *figura N° 21*, se puede apreciar la selladora DT Sencort que es utilizada en el laboratorio:



Figura N° 21: Selladora de Laboratorio DT Sencort

6.3.- Medidor de Espesores

El medidor de espesores Mitutoyo ID-C112E (*figura N° 22*), es un aparato móvil para determinar rápida y precisamente el espesor de las láminas de polietileno provenientes de la extrusión. Este medidor de espesores de capas puede medir el espesor en micras o en mmpulg. El medidor de espesores de capas está concebido tanto para su simple uso in situ como para mediciones en el laboratorio o en el control de entrada. A continuación se detallan las especificaciones técnicas del medidor de espesores (*tabla N° 7*):

Tabla N° 7: Especificaciones del Micrómetro Mitutoyo ID-C112EB

Procedimiento de la medición	Proceso de presión
Rango de medición	0 – 12mm
Contacto de punto	Ø 6,3mm
Resolución	0,1 µm ó < 0,2% del valor de medición
Presición	± (1 µm +3 % del valor de medición) en relación con el estándar del fabricante
Calibración	Calibración de fábrica, ceros, estándares de calibración (calibración de 1 y 2 puntos)
Temperatura ambiental	0 ... + 50°C
Dimensiones del aparato	130 x 118.5 x 30 mm
Peso	Aprox. 280g
Normas	DIN, ISO, ASTM, BS

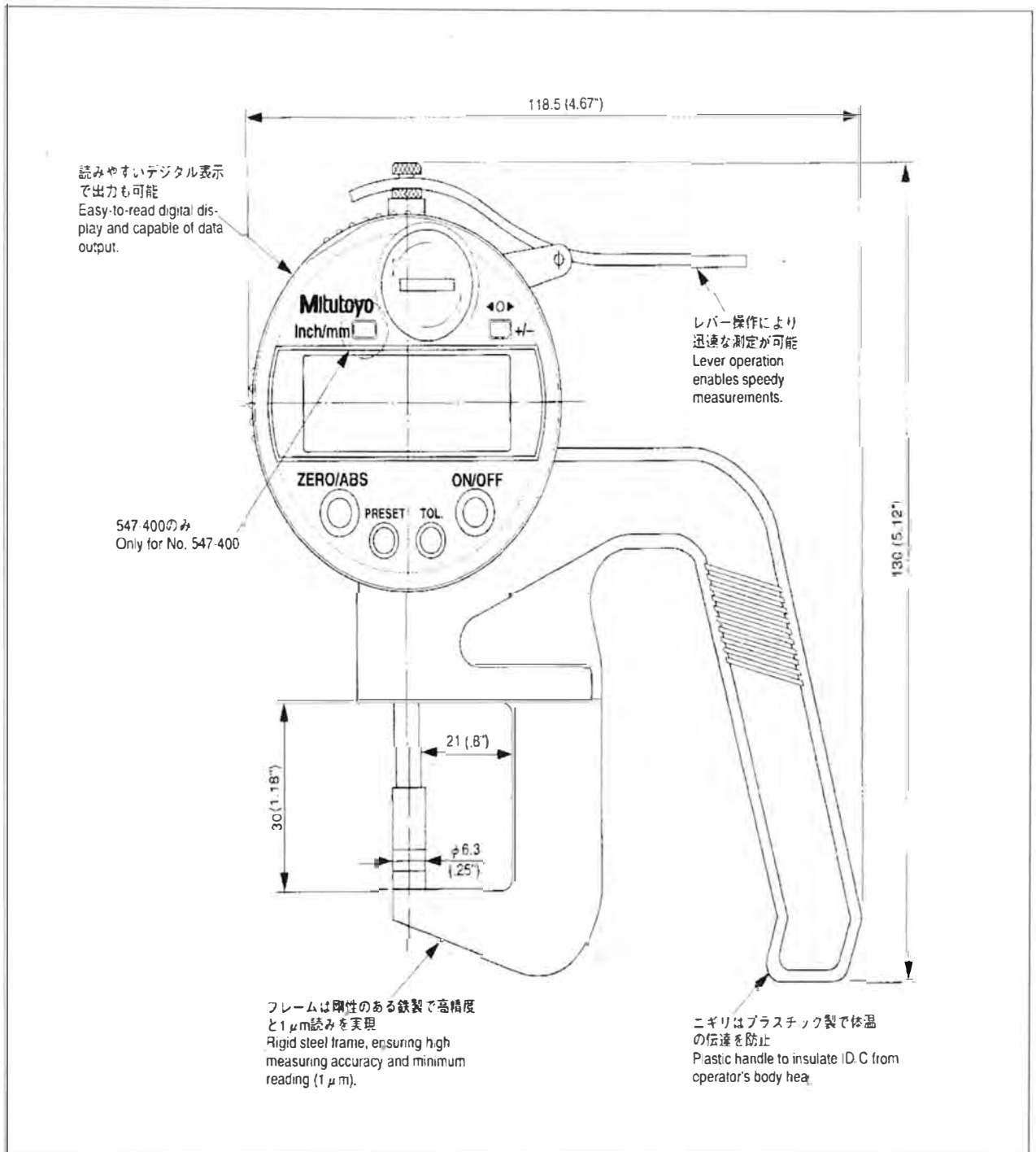


Figura N° 22: Micrómetro Mitutoyo ID-C112E

7.- DESCRIPCION DEL TRABAJO DE ESTUDIO

En este trabajo de investigación se trata de obtener una lámina de PE que optimice el proceso de envasado del producto Hipoclorito de Sodio. A continuación se detalla en la *tabla N° 8*, algunos parámetros del producto a envasar:

Tabla N° 8: Especificación del proceso de envasado

Propiedad	Especificación
Volumen de producción	5 m ³ al mes
Cantidad de empaque flexible	50 TON al mes
Velocidad de sellado	120 golpes por minuto
Temperatura de sellado	100 – 110 °C
Espesor de la lámina	92 – 112 micras
COF de la lámina	0,08 – 0,20

7.1.- Análisis de la lámina en el Proceso de Envasado

Nuestra lámina no ofrecía los mismos resultados productivos de envasado, comparado con los demás proveedores de lámina flexibles que existen en el mercado. Esta información fue recibida por la empresa envasadora: en su proceso de envasado la lámina no funcionaba de la misma manera que las de sus otros proveedores. Se detallan a continuación estos problemas:

- Gran variabilidad de temperatura en el proceso de envasado. Esto se debe a que el espesor de la lámina no era uniforme en todo el lote de producción, por lo que tenían que variar su temperatura. Al colocar su bobina en la máquina envasadora, medían el espesor de esta y adecuaban su temperatura a dicho calibre, pero al colocar otra bobina variaba su espesor y por ende la temperatura debía ser cambiada. Si entraba una con espesor menor al de origen, la lámina no resistía tal temperatura y se

desintegraba el material, pero si entraba con un espesor mayor, no sellaba como debe ser, produciendo fugas de producto.

- El material tenía gran dificultad al deslizamiento. Al momento del envasado, la lámina ofrecía resistencia al deslizamiento, haciendo que el motor de la máquina se esfuerce y se sobrecaliente.
- Comparando en la línea de envasado y en las mismas condiciones de velocidad de máquina y espesor de lámina con las de los otros proveedores, se veía que estos sellaban a una temperatura menor que la de nosotros.

7.2.- Situación Inicial de la lámina

Se detalla a continuación la situación inicial de la lámina, antes de ser observada por la empresa envasadora.

7.2.1.- Con respecto a la formulación

La lámina Coextruída de tres capas tenía la siguiente formulación al inicio:

30% Capa A: 26% Lupolen 2420F + 69% Exceed 1018FA + 4% LL-70 + 1% AMF 702

40% Capa B: 32% Lupolen 2420F + 56% Exceed 1018Fa + 12% LL-70

30% Capa C: 65% Exceed 1018FA + 32% Elite 5401 + 2% FTA 50P + 1% AMF 702

Se calcula la cantidad de Slip en ppm que existe en cada capa, al igual que la cantidad total en toda la lámina. Para este cálculo, se utiliza la *tabla N° 5*.

Tomando como ejemplo la capa A, la cantidad de slip se calcula multiplicando el porcentaje con las ppm de slip, tal como se muestra en la *tabla N°9*:

Tabla N° 9: Cantidad de slip en la capa A

Resina	Porcentaje	Slip (ppm)	Capa A
Lupolen 2420F	26%	---	---
Exceed 1018FA	69%	450	310.5
LL-70	4%	---	---
AMF 702	1%	---	---

Total = 310.5 ppm

De la misma manera para las capas B y C, se tiene:

30% Capa A: 310.5 ppm

40% Capa B: 252.0 ppm

30% Capa C: 612.5 ppm

Por lo tanto, la cantidad total de slip en la formulación inicial, será:

$$\text{Total Slip (ppm)} = 310.5 \cdot 0.3 + 252.0 \cdot 0.4 + 612.5 \cdot 0.3$$

$$\rightarrow \text{Total Slip (ppm)} = 377.7 \text{ ppm.}$$

A una temperatura de 23 °C, se procede a calcular el Coeficiente de Fricción de la lámina con la ayuda de la Thwing Albert, dando como resultado un Coeficiente de Fricción Cinético igual a 0,143 tal como se muestra en la **figura N° 23**:

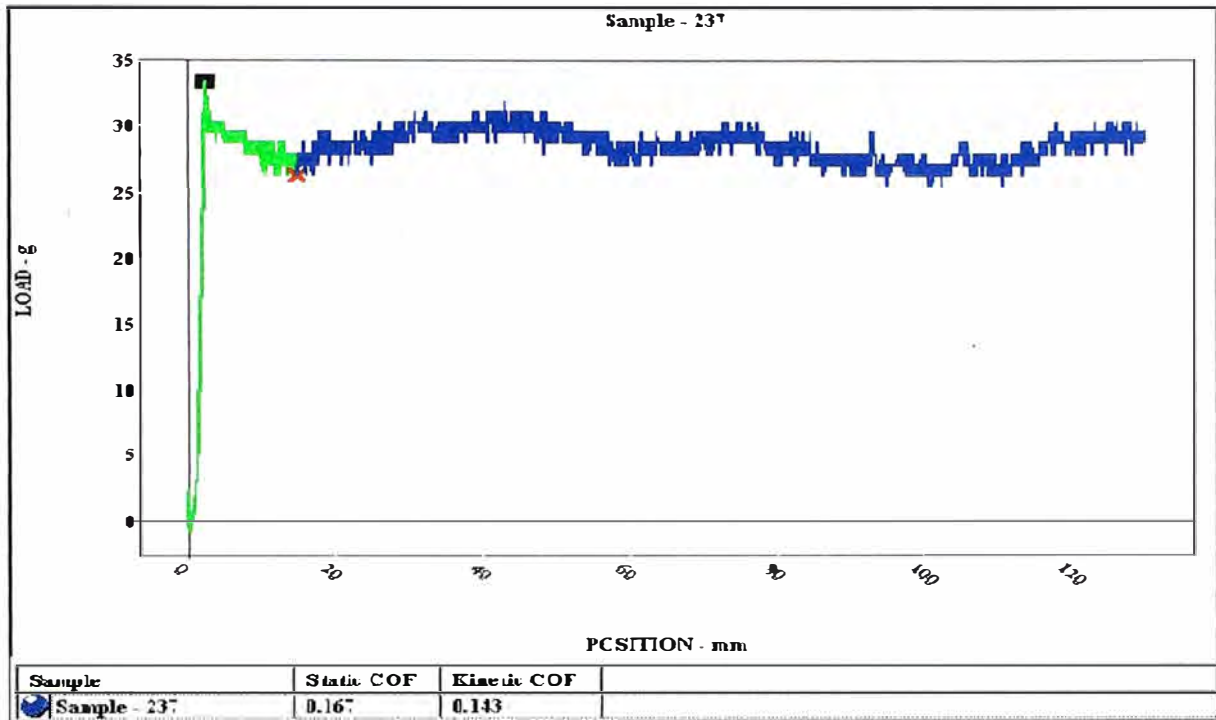


Figura N° 23: Coeficiente de Fricción de la lámina a una temperatura ambiente de 23°C

De la especificación dada por el cliente, se deduce que el Coeficiente de Fricción de la lámina está aprobado, pero comparándola con la misma muestra a una temperatura ambiente de envasado de 32°C, se obtiene un COF cinético igual a 0,255 tal como se demuestra en la *figura N° 24*:

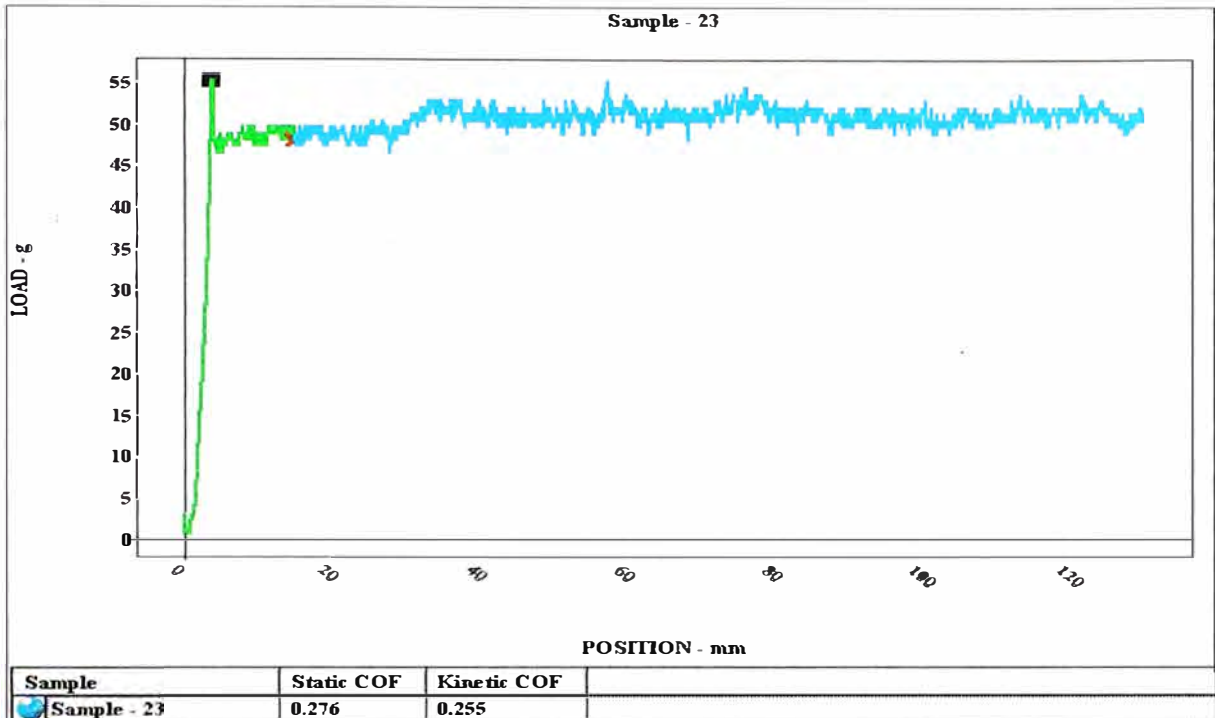


Figura N° 24: Coeficiente de Fricción de la lámina a una temperatura ambiente de 32°C

De la *figura N° 23 y 24*, se observa que el COF cinético aumenta de 0.143 a 0.255. Esto se debe a que la erucamida ha migrado a la parte externa de la lámina, por el desvalance de slip (en ppm) en las tres capas de la lámina co-extruida, debido a la alta temperatura del medio ambiente en que se encuentra la planta de envasado.

7.2.2.- Con respecto a la distribución de espesores

Otro problema en esta situación inicial, era la gran variabilidad de espesores que tenía la lámina en toda una producción. Para dicho análisis se analizó el espesor de las muestras de todo el lote en observación, teniéndose el siguiente panorama de distribución de espesores, tal como se demuestra en la *figura N° 25*:

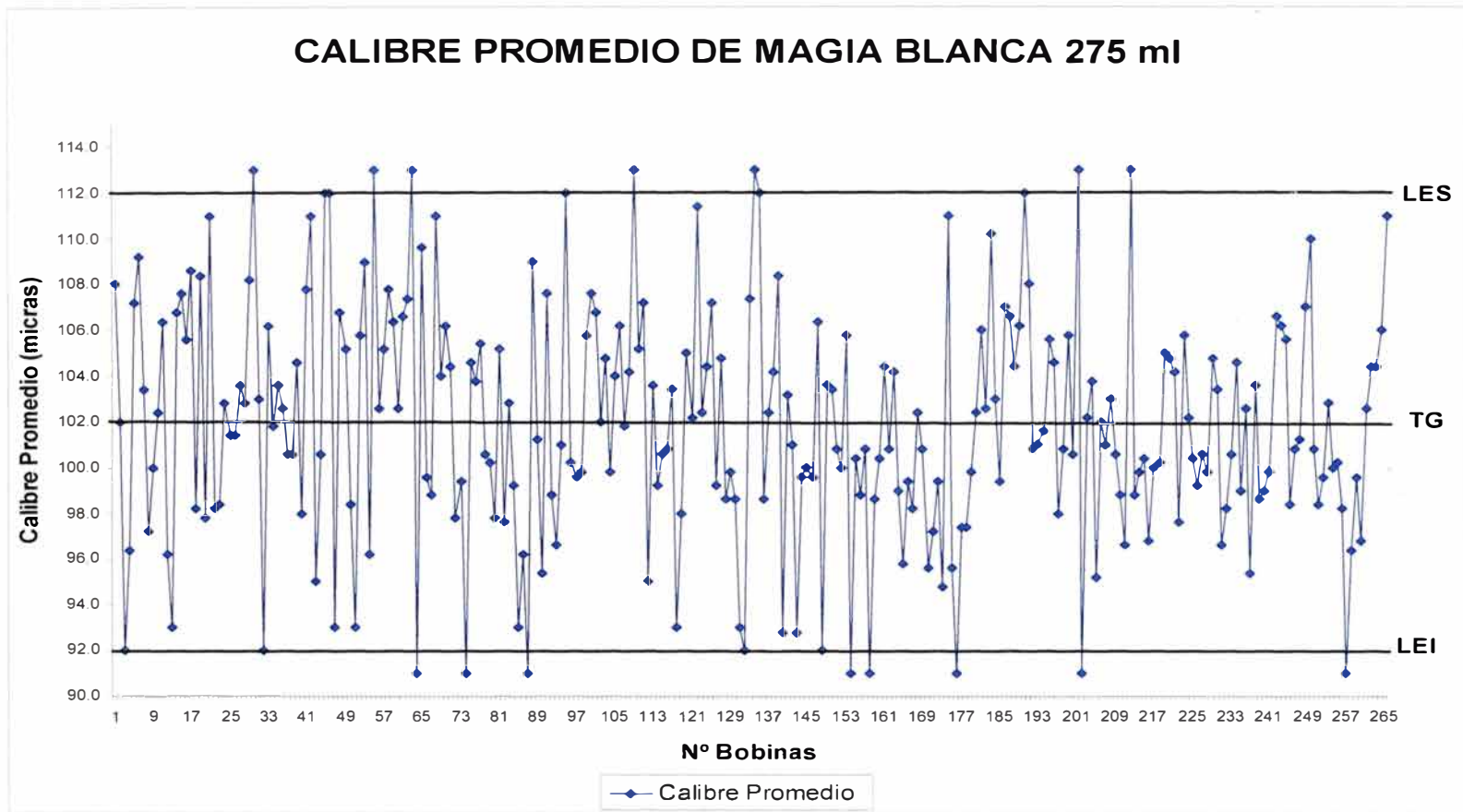


Figura Nº 25: Distribución de espesores de la lámina en observación. Se analizaron 265 bobinas de todo el lote en observación, tomando como base, el promedio de 5 puntos de calibre en dirección transversal por bobina.

De este gráfico, se tiene:

Calibre Máximo = 113 micras

Calibre Mínimo = 91 micras

Rango de calibre = 22 micras

7.3.- Estudio de Mejora para el Producto

Para este estudio de mejora, primero se realizó una selección de las resinas existentes en el mercado de acuerdo a sus propiedades y a la cantidad de aditivo deslizante que contiene, con el objetivo de balancear la cantidad de slip en las tres capas de la lámina co-extruída, evitando la migración de erucamida. La sellabilidad es otro punto que se decide mejorar, adicionándole a la capa sellante de la lámina (capa C) una resina que tenga una excelente propiedad de sellado, es decir, que selle a menor temperatura y que no se desintegre la lámina a altas temperaturas (mayor ventana de sello). A continuación se detalla los cambios efectuados en la lámina y como repercute en el envasado de dicho producto.

7.3.1.- Con respecto al COF

Conociendo los problemas que el producto da en el envasado, se analiza todas las variables, empezando por la reformulación del empaque. Se decide balancear la cantidad de slip en las tres capas y guiándonos del dato facilitado por el proveedor de resinas (*tabla N°2*), se pone como objetivo 750 ppm como mínimo en cada capa y 800ppm para el total en la lámina. Se cambia también la resina Exceed 1018FA existente en la capa C de la lámina (parte interna y sellante del empaque) por una resina de mejor propiedad sellante como lo es el Affinity PL1881. El resultado de estos cambios, da la siguiente formulación:

25% Capa A: 88.5% Lupolen 2420F + 10% Exceed 1018FA + 1.5 CE 505E

60% Capa B: 79.5% Lupolen 33 + 10% Exceed 1018FA + 9% LL-70 + 1.5% CE505E

15% Capa C: 96% Affinity PL1881 + 0.5% AO 25A + 2% FTA 50P + 1.5% CE 505E

De la misma manera como se calculó la cantidad de slip en la formulación inicial, se tiene:

25% Capa A: 795.0 ppm

60% Capa B: 795.0 ppm

15% Capa C: 846.0 ppm

 → Total Slip: 802.6 ppm

Con este resultado se obtiene un COF cinético a una temperatura de 23°C igual a 0.102, tal como se muestra en la *figura N° 26*:

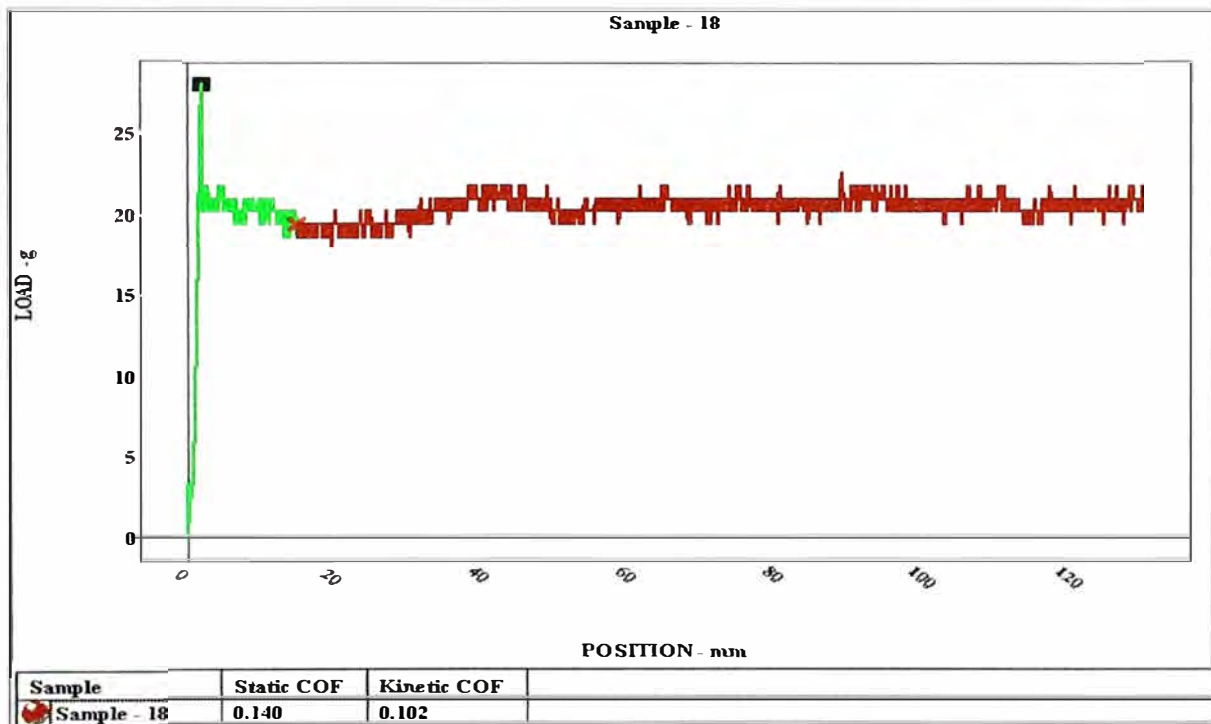


Figura N° 26: Coeficiente de Fricción de la lámina a una temperatura ambiente de 23°C

Para esta misma lámina, a una temperatura de 32°C, se obtiene un COF cinético igual a 0.143, como se muestra en la *figura N° 27*.

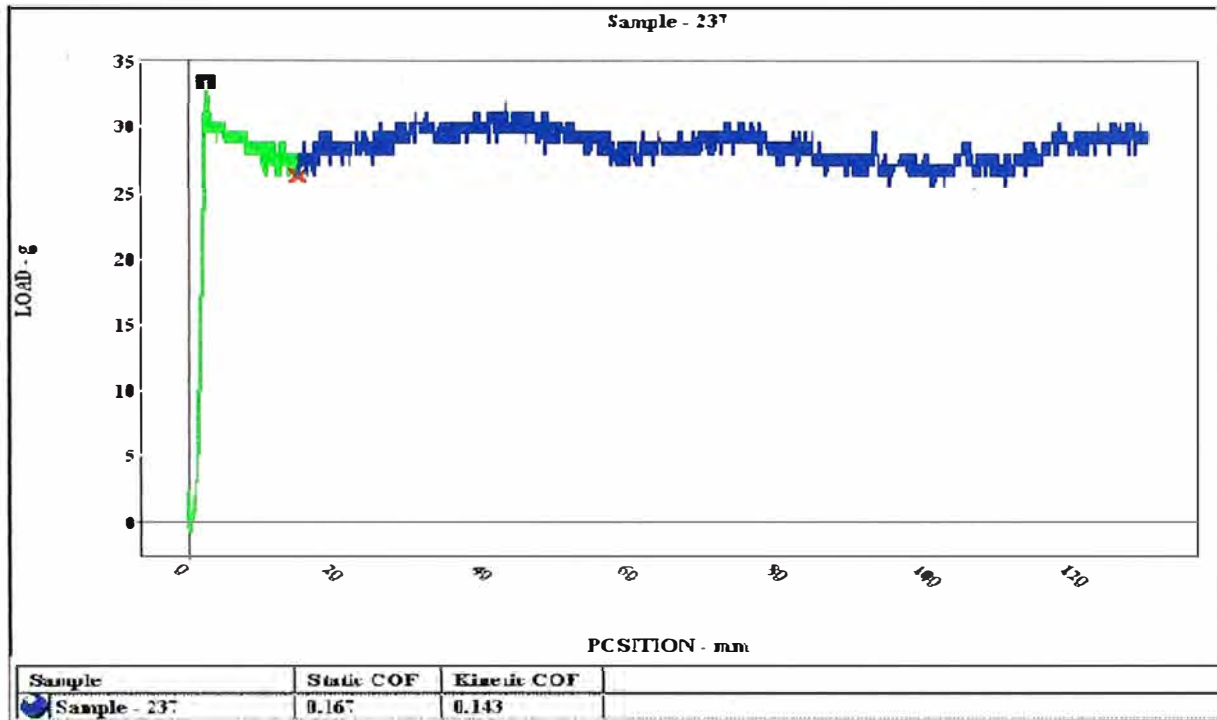


Figura N° 27: Coeficiente de Fricción de la lámina a una temperatura ambiente de 32°C

7.3.2.- Con respecto a la temperatura

Con los cambios efectuados en la formulación, se obtiene un gráfico de temperatura de sellado comparado con la lámina inicial tal como se demuestra en la *figura N° 28*:

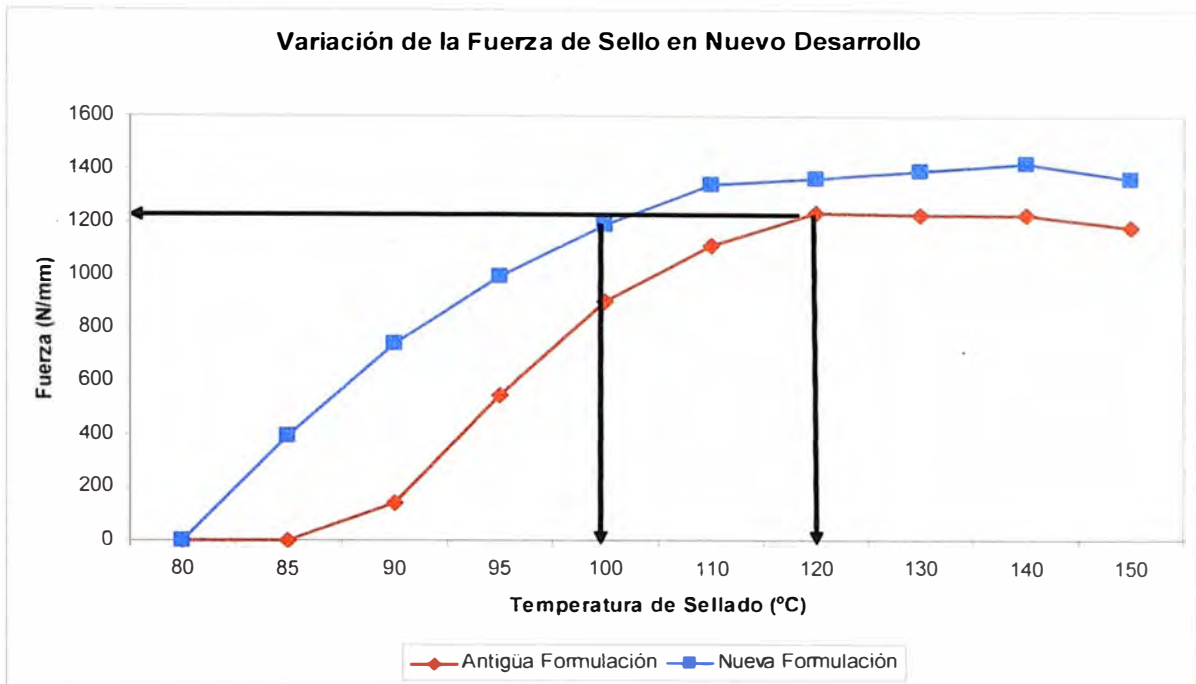


Figura N° 28: Curva de sellado de la formulación anterior y actual de la lámina. Este gráfico se realizó utilizando probetas de 1 pulgada de ancho, en dirección transversal y un sellado interno/interno de la lámina.

En este gráfico se puede apreciar:

- La temperatura de sellado disminuye en 20°C con la nueva formulación con respecto a la anterior, para obtener una fuerza de sello de 1200 N/mm.
- Se llega a obtener una fuerza de sello de hasta 1400 N/mm., valor que no se obtenía con la anterior formulación, ya que su máximo era de 1200 N/mm.

7.3.3.- Con respecto a la distribución de espesores

En el proceso de fabricación de lámina de polietileno, las variaciones de espesores son debidas a distintas causas, tales como la tensión del jalador, la abertura del labio o salida del material, entre otras. A continuación se detalla en la **tabla N° 10** todas las posibles causas que pueden originar una variación de espesor y que fueron analizadas para llegar a la solución del problema.

Tabla N°10 : Solución a la variación de espesores.

Problema	Causa	Solución
Variación de espesores en Dirección Máquina	Bombeo del extrusor	<p>El extrusor al bombear, generará tramos de película que contienen más material (mas gruesos) y tramos con menos material (mas delgados). Esto se puede dar por varias razones, entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inestabilidad en la velocidad del extrusor (ejemplo: problemas electrónicos, termocuplas en mal estado, etc.): Revisar el funcionamiento de estos equipos periódicamente. - Perfil de temperaturas inadecuado: Chequear que el perfil sea el adecuado para la resina en uso. - Presencia de “pelusas” de resina en la tolva generan una alimentación irregular de material al extrusor y esto a su vez genera bombeo: Revisar la resina antes de ser depositada en la tolva.
	Excesiva tensión de embobinado	Si el embobinador o los rollos colapsosores son exigidos a alta velocidad: Regular la velocidad de acuerdo a la variación de espesores existente en la lámina.
Variación de espesores en Dirección Transversal	Corrientes de aire	Chequear que no haya corrientes de aire que impacten a la burbuja, sobre todo en la zona donde el material aún esta fundido: Aislar el equipo completo cubriéndolo con lámina de PE.
	Dado sucio o mala alineación macho-hembra	Asegurar que al limpiar el cabezal, se lo arme en forma correcta.
	Temperaturas irregulares en el cabezal	Chequear que las temperaturas de la zona del cabezal funcionen correctamente.
	Mala alineación/Suciedad en el anillo de enfriamiento	Mantener alineado y limpio en anillo de enfriamiento.
	Mal alineamiento del cabezal con la torre	Un lado de la película tendrá que recorrer una distancia más larga para llegar al rollo colapsor y por lo tanto será estirada en exceso. Verificar el alineamiento de estas dos partes.

Se verificaron todas las posibles causas de este problema con el objetivo de solucionar la gran variabilidad del espesor en la lámina, llegando a tener una variación de espesores tal como se muestra en la **figura N° 29**:

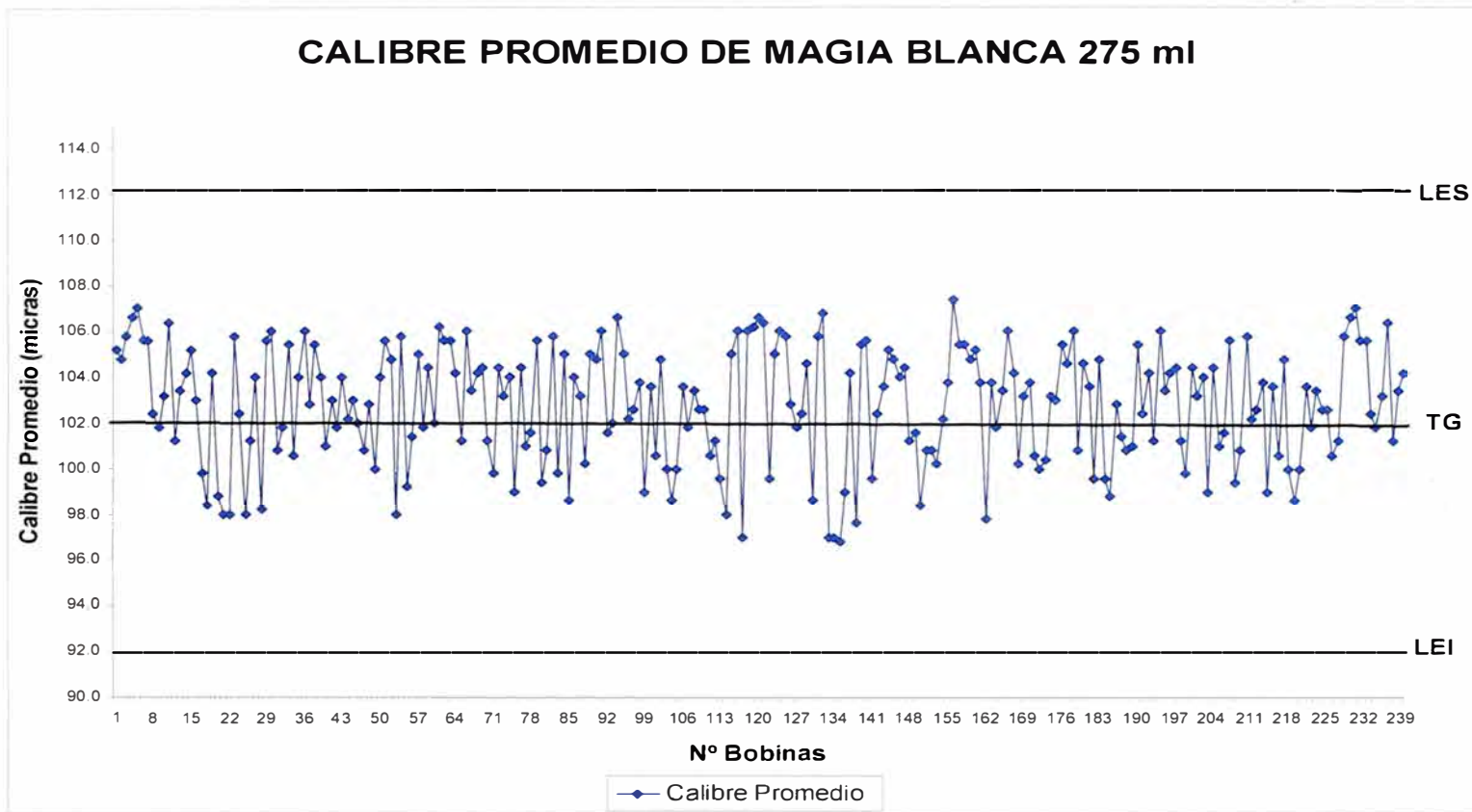


Figura N° 29: Distribución de espesores de la lámina después de verificar las posibles causas de variabilidad. Se analizaron 240 bobinas de todo un lote de reposición, tomando como base, el promedio de 5 puntos de calibre en dirección transversal por bobina.

De este gráfico, se tiene:

Calibre Máximo = 107 micras

Calibre Mínimo = 97 micras

Rango de calibre = 10 micras

Comparando la *figura N° 25* con la *figura N° 29*, se observa que el rango de calibre, disminuye de 22 a 10 micras, llegando al objetivo de disminuir la gran variabilidad existente de espesores.

8.- MEJORA ALCANZADA EN LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINA DE ENVASADO

Si bien es sabido se realizaron grandes cambios en la formulación de la lámina para llegar con el objetivo de la sellabilidad del producto, estos cambios no afectaron las propiedades mecánicas de la misma, tal como se demuestra en la siguiente *tabla N° 11*:

Tabla N° 11: Comparación de resultados obtenidos con respecto a la especificación del cliente

PROPIEDADES	UNIDADES	ESPECIFICACION DEL CLIENTE	RESULTADOS OBTENIDOS
Coefficiente de Fricción Cinético	---	0.08 – 0.20	0.14 (*)
Espesor	micras	90 – 110	96 – 104 (**)
Fuerza Tensil DM	MPa	Mínimo 25.0	32.0 (***)
Fuerza Tensil DT	Mpa	Mínimo 24.0	27.0 (***)
% Elongación DM	%	800 – 1100	970 (***)
% Elongación DT	%	950 – 1100	1010 (***)

(*) Resultado de acuerdo a la Norma ASTM D1984-95: Método de Ensayo Estándar para los Coeficientes de Fricción Estático y Cinético de hojas y Láminas Plásticas.

(**) De acuerdo a la NTP ISO 4593: Determinación del espesor por examen mecánico.

(***) De acuerdo a la Norma ASTM D882-95a: Método Estándar para las Propiedades Tensiles de laminados plásticos delgados.

Las mejoras que se logró alcanzar con estos cambios, fueron:

- Aumento de la velocidad de empaclado, aumentando así el volumen de producción.

- Disminución de la temperatura de sellado.
- Al homogenizar el espesor de la lámina, se garantizó que en el sellado no queden partes sin sellar o partes en que el material se desintegre por efecto de la temperatura.
- Aumento del volumen de producción para la empresa convertidora de empaques flexibles de 4 a 25 Ton al mes aproximadamente.

9.- EVALUACIÓN DE COSTOS

La evaluación de costos de la lámina se analizará tomando en cuenta, solamente la variación que se realizó para con la formulación. Las demás variables, tales como mano de obra, consumo energético, etc., se mantendrán constantes para dicho análisis.

9.1.- Situación Inicial vs. Situación Final

Se analizará los siguientes factores:

9.1.1.- Precios de Resinas utilizadas

Las resinas a utilizar para dicho proceso de fabricación de la lámina, e detallan a continuación en la **tabla N° 12**:

Tabla N° 12: Precio de resinas de importación (actualizado al 27 de Junio del 2006)

N°	Resina	Costo (\$/Kg)
1	Polybatch FTA 50P	1,85
2	Polybatch AMF 702	2,05
3	Lupolen 2420F	1,37
4	Lupolen 33	1,55
5	Exceed 1018 FA	1,95
6	Elite 5401G	1,95
7	Masterbatch Blanco LL-70	2,72
8	Affinity PL 1881	2,45
9	Polybatch CE-505-E	2,54
10	Polybatch AO 25A	3,24

9.1.2.- Costo de Formulación de Lámina

Utilizando los porcentajes de las resinas en la formulación inicial y final de la lámina, y con ayuda del la *tabla N° 12*, se obtiene el siguiente costo de formulación de la lámina, tal como se detalla en la *tabla N° 13*:

Tabla N° 13: Costo de fabricación de la lámina en su situación inicial y final

Formulación al inicio				Formulación al final			
Resina	%	Precio (\$/Kg)	Costo Total (\$/Kg)	Resina	%	Precio (\$/Kg)	Costo Total (\$/Kg)
Lupolen 2420F	0.206	1,37	0.282	Lupolen 2420F	0.221	1.37	0.303
Exceed 1018	0.626	1,95	1.221	Exceed 1018 FA	0.085	1.95	0.166
FA	0.060	2,72	0.163	LL-70	0.054	2.72	0.147
LL-70	0.006	2,05	0.012	FTA 50P	0.003	1.85	0.006
AMF 702	0.096	1,95	0.187	CE 505E	0.015	2.54	0.038
Elite 5401G	0.006	1,85	0.011	Lupolen 33	0.477	1.55	0.739
FTA 50P				PL 1881	0.144	2.45	0.353
				AO 24A	0.001	3.24	0.002
TOTAL	1.000		1.877	TOTAL	1.000		1.754

Se puede apreciar en esta tabla, que el costo de formulación de la lámina en estudio, disminuye de 1.877 a 1.754 dólares por kilogramo, entonces:

Costo de formulación = 1.754 \$/Kg

9.1.3.- Costo de Fabricación y Precio de Venta

Para la elaboración del producto final, se tiene que pasar por siguientes procesos, los cuales son:

- **Proceso de Co-extrusión.-** Es el proceso que consiste en la combinación de tres capas de polímero extruido para dar como resultado una lámina que brinde propiedades funcionales, protectoras y decorativas.
- **Proceso de impresión.-** Proceso que consiste en imprimir el diseño del producto de acuerdo a un arte aprobado por el cliente. Este proceso se realiza por medio flexográfico.
- **Corte y embalaje.-** Proceso final que consiste en cortar el producto, de acuerdo al tamaño del empaque. A esto se le llama ancho de bobina. La bobina cortada es pesada y protegida por envolturas de polietileno, para evitar que se contaminen durante los procesos de transporte y almacenamiento.

Cada uno de estos procesos tiene un costo, un tiempo de preparación de máquina (tiempo de regulación) y una velocidad promedio a la trabajan, los cuales se detallan a continuación en la **tabla N° 14**:

Tabla N° 14: Parámetros utilizados en los diferentes procesos de elaboración del producto final.

Proceso	Tarifa (\$/hr)	Tiempo de preparación: T_p (minutos)	Velocidad promedio: v
Co-extrusión	55.72	30	185Kg/hr
Impresión	179.25	90	220m/min
Corte y embalaje	20.10	30	150m/min

Para el cálculo de este costo, se tomará como datos:

- Lote de Producción: $LP = 10\text{TON}$
- Densidad promedio lámina: $\rho = 0,092 \text{ Kg/m}^2$
- Ancho de lámina extraída: $a = 1,045\text{m}$
- Peso de tinta: $W = 0.09\$/\text{Kg}$

En el proceso de extrusión, para el cálculo del costo de este proceso, se realizará de acuerdo a la siguiente formulación:

$$\text{Costo} = \left(\frac{LP}{v} + T_p \right) * \frac{\text{Tarifa}}{LP} + \text{CostoFormulación}$$

$$\rightarrow \text{Costo} = \left(\frac{10000}{185} + 0.5 \right) * \frac{55.72}{10000} + 1.754$$

$$\text{Costo} = 2.058 \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}} \dots\dots\dots (1)$$

En el proceso de impresión, se realizará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Costo} = \left(\frac{LP}{\rho * a * v} + T_p \right) * \frac{\text{Tarifa}}{LP} + W$$

$$\rightarrow Costo = \left(\frac{10000}{0.092 * 1.045 * 220} + 90 \right) * \frac{1}{60} * \frac{179.25}{10000} + 0.09$$

$$Costo = 0.258 \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}} \dots\dots\dots (2)$$

Finalmente en el proceso de corte y embalaje, se tiene:

$$Costo = \left(\frac{LP}{\rho * a * v} + Tp \right) * \frac{Tarifa}{LP}$$

$$\rightarrow Costo = \left(\frac{10000}{0.092 * 1.045 * 150} + 30 \right) * \frac{1}{60} * \frac{20.10}{10000}$$

$$Costo = 0.024 \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}} \dots\dots\dots (3)$$

El costo de fabricación se obtiene sumando (1), (2) y (3):

$$\rightarrow CostoFabricación = (2.058 + 0.258 + 0.024) \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}}$$

$$\rightarrow CostoFabricación = 2.34 \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}}$$

El precio de venta se obtiene según:

$$Pv = CostoFabricación + Ganancia$$

Considerando una ganancia del 30% del costo de fabricación, e tiene:

$$Pv = 2.34 + 0.30 * 2.34$$

$$\rightarrow Pv = 3.042 \frac{\text{Dolares}}{\text{Kilo}}$$

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la realización de dicho trabajo, se llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

10.1.- Conclusiones

Se tiene las siguientes:

- El proceso de coextrusión de película tubular, es muy importante por la gran versatilidad y variedad de películas que se pueden obtener mediante la combinación de propiedades de dos o más resinas, obteniendo un producto con la suma de sus ventajas.
- Cuando los polímeros que van a formar una película de varias capas (co-extrusión) tienen compatibilidad física, se unen sin la necesidad de utilizar sustancias intermedias que funcionen con adhesivos
- El Affinity 1881 contiene un plastómero Poliolefínico, elaborado por Dow mediante *Tecnología Insite (ver anexo)* y ha sido producido para su uso como capa sellante en estructuras flexibles. Debido a su excelente capacidad de sellado, resistencia al sello en caliente, etc., es el indicado para máquinas de alta velocidad de conformado-ensado-sellado.
- La estructura que lleva resina de Affinity 1881 en la capa de sello, (capa C) dieron valores de fuerza de sello, superior a la estructura que lleva Exceed 1018. Esta primera estructura, comienza a sellar a una temperatura mas baja entre los 100 y 105 °C y proporciona una amplia ventana de sellado, tal como se muestra en la *figura N° 28*, haciendo que la máquina de envase tenga más variación de temperatura, además de tener mayor productividad, gracias a la posibilidad de acelerar la velocidad de ensado.
- El espesor de una película de polietileno debe ser uniforme en todo lo ancho de la lámina. Si la película tiene espesores desiguales, dará como resultado rollos dispares y secciones débiles donde la película sea mas delgada en donde no resiste la temperatura de sellado, y películas mas

gruesas en donde no sella la lámina. En ambos casos, existe el problema de fugas del producto envasado, originando pérdidas de producto y mermas.

- El plástico es sin duda el material más importante de nuestra época, debido a sus maravillosas propiedades, su versatilidad y su menor peso comparado a los metales. Día tras día se descubren nuevas resinas y con la tecnología moderna, es posible reciclar los plásticos y reutilizarlos, evitando así la acumulación de basura.

10.2.- Recomendaciones

Se puede mencionar las siguientes:

- Todo sistema de Tratamiento Corona produce ozono. Sus efectos son tóxicos y corrosivos y por esto es importante llevar el ozono a la atmósfera (fuera de la fábrica). Mediante un buen sistema de extracción.
- Utilizar las resinas más adecuadas para los tipos de película que desee fabricar, de acuerdo con el proceso de envasado y preservación del producto.
- Acostumbrarse a revisar periódicamente el extrusor y mantenga un programa de mantenimiento regular.
- Observar los manómetros para saber cuando es necesario limpiar el filtro y cambiar los tamices.
- Llevar un control de todos los datos importante del extrusor en un registro.
- Verificar la altura y uniformidad de la línea de enfriamiento y mantenga una distribución uniforme de aire en el anillo para película soplada.
- No permitir que la resina se humedezca o contamine.
- No retirar la cubierta de la tolva mientras el extrusor esté en funcionamiento, excepto para alimentar la tolva.

11.- BIBLIOGRAFIA

La información utilizada para la elaboración de este informe, se dividieron en:

11.1.- Libros y Manuales

- ❖ **MATERIALES PLASTICOS: Propiedades y Aplicaciones.**
IRVIN I. RUBIN
Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.
Capitulo 2: Introducción al Polietileno
Página: 31al 38.
Capitulo 3: Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
Página 41 al 46.
Capitulo 4: Polietileno Lineal de Baja Densidad (LIDPE)
Página: 53 al 59.
Capitulo 5: Polietileno de Alta Densidad (IIDPE)
Página: 71 al 76.

- ❖ **MANUAL DEL EXTRUSOR.**
U.S. Industrial Chemical Co., New York.

- ❖ **PRODUCCION DE FILM DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD Y ALTA DENSIDAD**
Organización Interamericana de plásticos: OIP

- ❖ **ENCICLOPEDIA DEL PLÁSTICO 2000: Centro Empresarial del Plástico.**

11.2.- Páginas de Internet

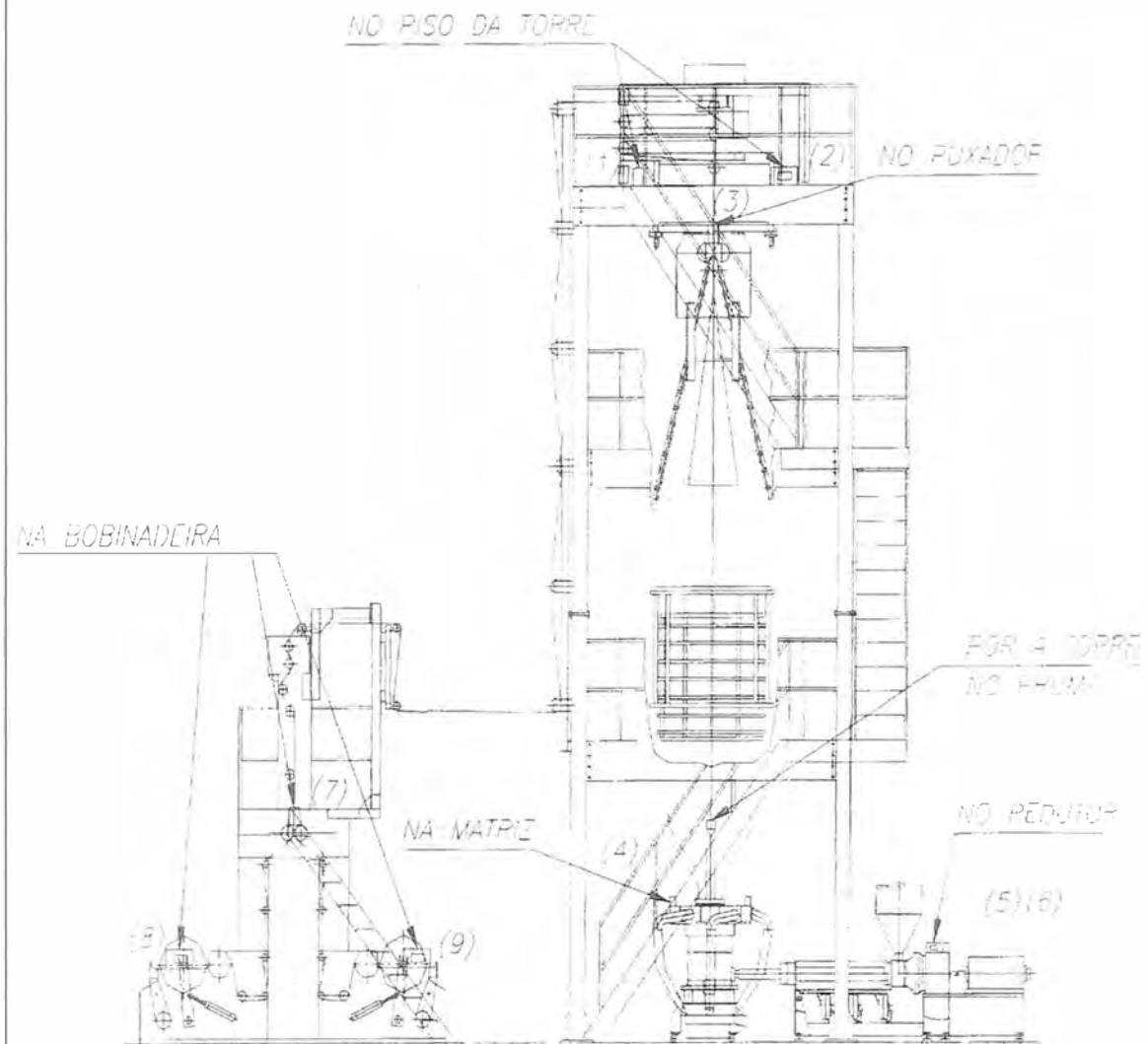
- ❖ www.ambienteplastico.com
- ❖ www.ThwingAlbert.com
- ❖ www.monografias.com/trabajos7/alim/alim.shtml
- ❖ www.plástico.com/pragma/documento/plastico/secciones/TP/ES/ARTICULOS/doc.html
- ❖ www.DowPlastics.com/solucionesDow: (Ver anexo)

12.- ANEXOS

ANEXO A: Plano del Proceso de Extrusión



RULLI-STANDARD
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.



ANEXO B: Evolución de los Polietilenos.

SOLUCIONES DOW

Evolución de los Polietilenos hacia las Resinas de Tecnología Insite[®]

Por: Tirso G. Azó

En el siguiente artículo se describe la evolución de las resinas PEBD, PEHD, Dowlex[®] y Aramco[®] hacia las resinas Affinity[®] y Elite[®] elaboradas con catalizadores de sitio único y Tecnología Insite[®].

Se hace especial énfasis en los conceptos básicos de arquitectura molecular para explicar las diferencias de propiedades mecánicas, de soldabilidad y de procesabilidad que existen entre estos polietilenos.

De esta manera el convertidor podrá una vez de fluidos los requerimientos técnicos de las aplicaciones a desarrollar, utilizar estos conceptos básicos para seleccionar la familia de polietilenos que ofrezca las propiedades buscadas.

Las propiedades en estado fundido o "procesabilidad" de las resinas se describen por una medición de laboratorio llamada "índice de fluidez" (por ejemplo, se dice que una resina PEBD de índice de fluidez 2 procesa más fácilmente que una resina PEBD de índice de fluidez 0.3), mientras que sus propiedades en estado sólido o "propiedades mecánicas" se relacionan con una medida de laboratorio llamada "densidad" (por ejemplo, se dice que una película de PEAD de densidad 0.950 es más rígida que una película de PEAD de densidad 0.940).

Si bien esta descripción de los estados fundido y sólido de las resinas es acertada, en realidad no es más que una aproximación que es útil para comprender las diferencias de comportamiento entre los materiales de una misma familia (por ejemplo, permite comparar las diferencias de procesabilidad o de propiedades mecánicas entre materiales de PEBD). Sin embargo, para poder entender las diferencias entre distintas familias de productos (por ejemplo, diferencias entre PEBD, PEHD y resinas de Tecnología Insite) es necesario ir más allá de los conceptos de "índice de fluidez" y "densidad" y comprender la arquitectura molecular de estos materiales. Un entendimiento más acertado de la arquitectura molecular de estos productos nos permite comprender mejor sus propiedades en estado fundido y sólido (procesabilidad y sus propiedades mecánicas) y así seleccionar resinas en forma creativa e inteligente para el desarrollo de nuevas aplicaciones y/o la reducción de los costos de las mismas.

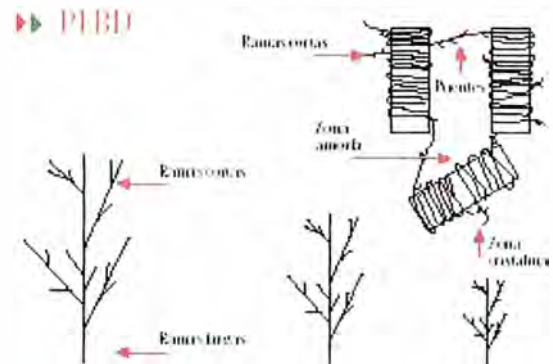


Figura 1. Arquitectura molecular de PEBD

En la parte superior derecha se presenta el aspecto del PEBD sólido; se esquematizan las zonas cristalinas y los puentes en las zonas amorfas. En la parte inferior se presenta el aspecto del PEBD fundido; se esquematiza el material con los distintos tamaños de moléculas o sus ramas cortas y largas. Note que los esquemas de material sólido y fundido no se encuentran en la misma escala.

PEBD

El polietileno de baja densidad fue el primero en ser descubierto hacia 1930 por científicos de ICI. En la figura 1 se presenta un modelo simplificado de la estructura molecular en estado fundido y en estado sólido del PEBD. En el estado fundido, el PEBD se presenta como una cadena central rodeado por varias ramas largas. A su vez, tanto la cadena central como las ramas largas están cubiertas en su extensión por ramas cortas. Por otro lado, se puede apreciar que un PEBD determinado (como el de la figura 1) no consiste en un grupo de moléculas de tamaño o peso molecular idéntico, sino que posee una variedad de moléculas grandes, medianas y pequeñas. Es importante notar que el promedio de tamaños de estas moléculas está inversamente relacionado al "índice de fluidez" del material (así por ejemplo, un PEBD de índice de fluidez 0.3 tiene en promedio moléculas más grandes que un PEBD de índice de fluidez 2).

Las características moleculares del estado fundido (que están sólo en parte descritas por el concepto de índice de fluidez) definen la procesabilidad del PEBD. Por ejemplo, la fácil procesabilidad del PEBD a baja presión y temperatura en el extrusor se debe a que las ramas largas de las moléculas se pliegan en el sentido opuesto al flujo del material en el tornillo y ofrecen menos resistencia al movimiento.



También facilitan la procesabilidad las pequeñas moléculas que actúan como lubricantes. Otro aspecto de la procesabilidad es la estabilidad de burbuja cuando se sopla material. El PEBD ofrece gran estabilidad de burbuja ya que las ramas largas de distintas moléculas se entrecruzan en el material fundido formando un entramado o red molecular que impide que la burbuja colapse sobre la matriz o se desplace lateralmente. Por esto justamente el PEBD es esencial para mantener burbujas de grandes diámetros y/o espesores, como por ejemplo en aplicaciones agrícolas.

En la parte superior derecha de la figura 1 se presenta un esquema molecular del PEBD en estado sólido. Las moléculas de PEBD aparecen más compactas que en el estado fundido y forman estructuras cristalinas (zonas del sólido donde las cadenas centrales de cada molécula están altamente empaquetadas) y estructuras amorfas (zonas donde las cadenas centrales no están empaquetadas). Se dice que una resina tiene mayor "densidad" cuanto mayor es la proporción de zonas cristalinas sobre zonas amorfas.

Las características moleculares del estado sólido (que están sólo en parte descritas por el concepto de densidad) definen las propiedades mecánicas, las propiedades de sello y las propiedades ópticas del PEBD. Las zonas cristalinas están unidas entre sí por "puentes" que son secciones de moléculas que están unidas a más de un cristal. Estos "puentes" son muy importantes ya que al unir distintas zonas cristalinas forman un entramado molecular que se manifiesta a nivel macroscópico como resistencia mecánica de las películas (por ejemplo, resistencia al impacto, a la perforación y al rasgado). Estos puentes también se generan en la zona de sellos de las películas, de ahí que aquellas resinas que generan más puentes tienen en general mayor resistencia de sello. Finalmente, la presencia de una gran cantidad de zonas cristalinas va en detrimento de las propiedades ópticas del material (veremos más adelante que las propiedades ópticas se ven aún más reducidas si los cristales son de gran tamaño).

En la figura 2 se comparan las propiedades mecánicas, de sello y ópticas de las resinas que se describen en este artículo. Vemos que el PEBD presenta propiedades mecánicas relativamente bajas (escasa formación de "puentes" y una resistencia de sello normal). Por eso el PEBD se usa en aplicaciones que requieren cierto nivel de transparencia y brillo y no necesitan propiedades mecánicas especiales, como bolsas de uso general. Además el PEBD mezclado con otros polietileno (por ejemplo, PEHD) brinda procesabilidad y estabilidad de burbuja.

PEBD Buteno

El polietileno lineal de baja densidad buteno se desarrolló gracias a la aparición de catalizadores metálicos y se comienza a comercializar hacia 1970. Estos productos son en realidad copolímeros ya que están formados por más de un componente o "monómero": etileno (en mayor cantidad) y buteno (en menor cantidad). Por eso estos productos son denominados genéricamente en el mercado como "butenos".

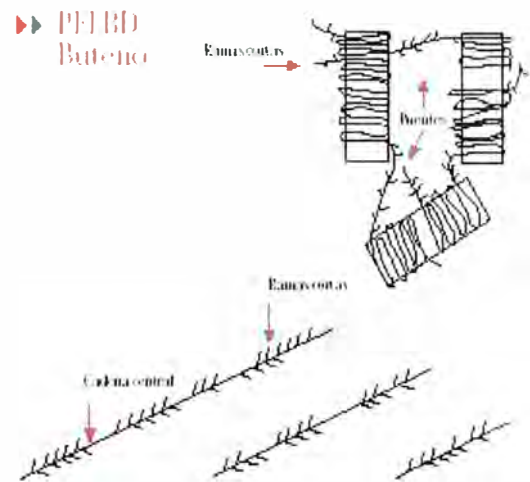


Figura 3 Arquitectura molecular del PEBD Buteno. Parte superior derecha: esquema del material sólido. Parte inferior: esquema del material fundido. Observar que en el estado sólido se presentan distintos tamaños moleculares, notar que las ramitas cortas en el sólido interfieren con la formación de cristales y generan "puentes" entre cristales.

Comparación de propiedades mecánicas, ópticas y de sello						
	PEBD 5033	PEBD Buteno	Dowlex 2015	Alcane 4201	Hite 5100	Affinity PL 1881
Índice de Refracción	1.9	1.9	1.9	1.9	0.85	1.9
Densidad	0.923	0.920	0.920	0.912	0.920	0.902
Impacto al clavo (g)	1+	2+	3+	4+	4+	4+
Rasgado Elmendorf (g)	2+	2+	3+	4+	4+	3+
Distanciado (g/cm ²)	1+	2+	3+	4+	4+	1+
Holgura con máxima PFA	1+	4+	3+	4+	4+	3+
Modulo secante	3+	3+	3+	2+	3+	1+
Temperatura de inicio de sello	2+	1+	1+	3+	3+	5+
Resistencia sello caliente	1+	2+	3+	3+	1+	5+
Brillo y transparencia	3+	1+	2+	3+	3+	5+

Figura 2 Comparación de propiedades mecánicas, ópticas y de sello de distintas películas. 5 = más alto desempeño; 1 = menor desempeño.

tal como se muestra en la figura 3, el PEBD buteno pertenece a la familia de "polietileno lineales", pues en el estado fundido se presenta como una "estructura lineal", con una cadena central y ramificaciones cortas y carece de ramificaciones largas. Este material no procesa tan fácilmente como el PEBD ya que las moléculas no se pueden acomodar al flujo como en el caso de las ramas largas del PEBD. Además debido a la ausencia de ramas largas que formen un entramado molecular en el fundido, el PEBD ofrece una pobre estabilidad de burbuja. Finalmente, el PEBD presenta una variedad de tamaños moleculares, las moléculas pequeñas actúan como lubricantes y las moléculas grandes son las que brindan las propiedades mecánicas.

En el estado sólido, el PELBD presenta también un aspecto diferente comparado con el PEBD. Como vemos en la figura 3, parte superior derecha, este material tiene zonas cristalinas y zonas amorfas, pero notamos una mayor cantidad de "puentes" entre cristales. Los puentes se forman en las zonas de las moléculas que contienen ramificaciones cortas ya que estas impiden el compactamiento de las moléculas en cristales (notar la presencia de ramas cortas en los puentes y su ausencia en los cristales). En otras palabras, la interrupción de la formación de cristales por la presencia de ramificaciones cortas genera puentes entre cristales, y estos puentes forman una red molecular que brinda una mayor resistencia mecánica y de sello del material.

Por lo tanto, se observa que el PELBD buteno presenta propiedades mecánicas y de sello mejores que el PEBD (ver figura 2). Por escrupulosamente se utiliza un 30% de PELBD para mejorar el sello y las propiedades mecánicas de películas del PEBD sin reducir las propiedades ópticas. Cuando la aplicación requiere más performance mecánica o se busca reducción de espesores, se utiliza PELBD al 70% con un 30% de PEBD (en este caso, se usa PEBD para facilitar la procesabilidad de la mezcla).

Dowlex

La familia de resinas Dowlex surge a mediados de 1970. Tal como el PELBD buteno describe arriba, las resinas Dowlex pertenecen a la familia de polietileno lineales. También se trata de un copolímero ya que está formado en su mayor parte por etileno y en menor parte por otros componentes como octeno.

Evolución de los copolímeros

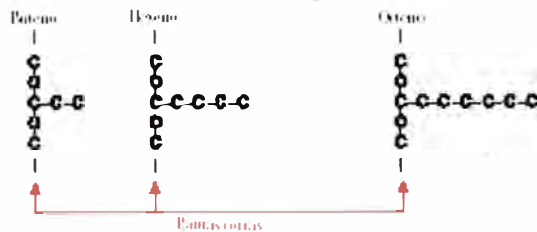


Figura 4 Impacto del tamaño de los copolímeros en el tamaño de las ramas cortas. Notar como el mayor tamaño de copolímeros de mayor tamaño de ramificación genera ramas cortas de mayor tamaño.

La figura 4 muestra la forma de incorporación de octeno en la cadena central de las moléculas de Dowlex. Se puede observar que la forma en la que se incorpora la molécula de octeno (en el caso de las resinas Dowlex) es análoga a la forma en que se incorpora la molécula de buteno (en el caso de PELBD buteno). En ambos casos, la incorporación de estas moléculas a la cadena central del polietileno dan origen a las ramas cortas. Como vemos, la gran diferencia entre las resinas Dowlex y el PELBD buteno es que en el primer caso las ramas cortas provienen de octeno y son de mayor longitud que las ramas que provienen de buteno. Esta diferencia tiene un gran impacto en las propiedades mecánicas del material como veremos más adelante.

Dowlex Attane

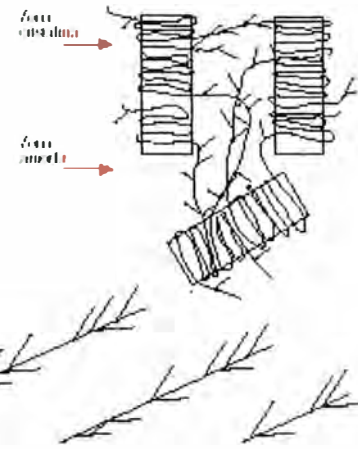


Figura 5 Arquitectura molecular de Dowlex Attane. Observar el mayor tamaño de las cadenas cortas tanto en el material sólido (parte superior derecha) como en el material fundido (parte inferior). También notar la mayor cantidad de "puentes" en la zona amorfa de Solido comparado con PELBD buteno.

La figura 5 muestra que en estado fundido el Dowlex también presenta una variedad de tamaños moleculares. Si comparamos el tamaño de las ramas cortas en este gráfico notaremos que son más largas que las presentes en el PEBD (figura 3). El caso de las resinas Attane es similar al de las resinas Dowlex pero con la diferencia de que las moléculas de Attane presentan mayor cantidad de ramas cortas.

En estado sólido vemos una gran cantidad de "puentes" entre cristales comparado con el PELBD que brindan un entramado molecular más resistente. La formación de un elevado número de "puentes" se debe a que la interrupción de la formación de cristales es más efectiva cuando más longitud tienen las ramificaciones cortas. Es por eso que la familia de resinas Dowlex presenta propiedades mecánicas superiores al PELBD.

Dowlex vs Hexeno y Buteno

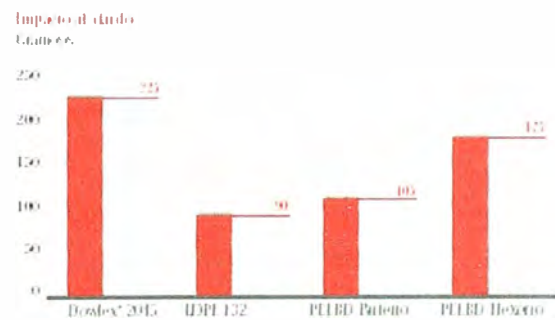


Figura 6 Impacto al estado sólido con el tamaño de las ramas cortas en los PELBD.

Por lo tanto, y debido a sus excelentes propiedades, se usa Affinity en diversidad de aplicaciones de alta performance. Por ejemplo, es el material de elección para máquinas de envasado automático de alta velocidad por su baja temperatura de iniciación de sello y por su resistencia al sello en caliente; se lo utiliza para empaques de frutas por la alta permeabilidad a los gases que ofrece por su baja densidad; se lo utiliza para contacto con alimentos debido a sus características inocuas; para aplicaciones que requieren excelente transparencia y brillo como bolsas de agua, etiquetas, etc.

Nuevos Polietileno elaborados con Tecnología Insite: Elite

Los polietileno Elite fueron lanzados al mercado en 1996, y se basan en los adelantos descritos por la Tecnología de Proceso Insite y en un mayor entendimiento del diseño de la arquitectura molecular de los polímeros.

►► **Elite**

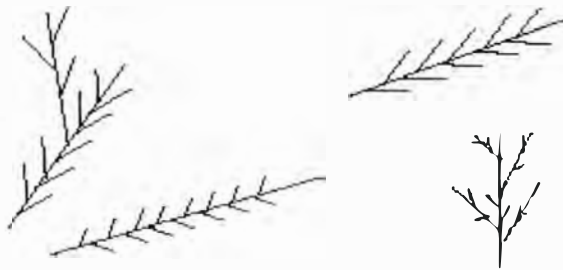


Figura 8. Arquitectura molecular de Elite

Estos productos fueron diseñados para ofrecer mejores propiedades mecánicas y de procesabilidad sobre los productos PELBD, e incluso asemejarse en ciertas propiedades a los polietileno Affinity. Una manera gráfica, si bien sólo aproximada, de describir la arquitectura molecular de Elite se muestra en la figura 8 como una combinación de los polietileno Affinity, Dowlex, PEBD y PELBD.

►► **Película soplada Modulo vs. Impacto**

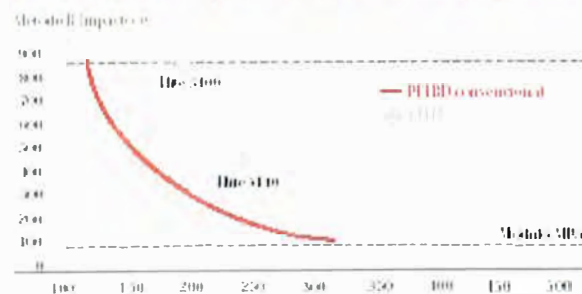


Figura 9. Combinación de propiedades en Elite: Modulo (Rigidez) vs. Impacto al dardo

El concepto fundamental al hablar de los polietileno Elite es que estos ofrecen una combinación de propiedades única que no había sido posible hasta su desarrollo. Por ejemplo, en la figura 9 se muestra la combinación única que brinda Elite entre resistencia al impacto y módulo secante (o rigidez). Tradicionalmente los productos con alta resistencia al impacto son los polietileno de menor densidad (como los polietileno Affinity), que a su vez son los que tienen menor rigidez. Asimismo, los productos de mayor rigidez o mayor densidad (como los PEAD) ofrecen menor resistencia al impacto. Elite logra superar este escollo mientras que un PELBD convencional con un módulo secante de 200 MPa ofrece una resistencia al impacto de 300g, un producto Elite de similar rigidez ofrece una resistencia al impacto 3 veces superior. Esta combinación de propiedades es muy útil en bolsas de uso pesado, que requieren de alta rigidez para evitar su estiramiento cuando se levantan grandes pesos, y al mismo tiempo requieren resistencia al impacto para resistir golpes como los que reciben con las máquinas elevadoras cuando son transportados en los depósitos.

►► **Temperatura de iniciación de sello vs. Modulo**

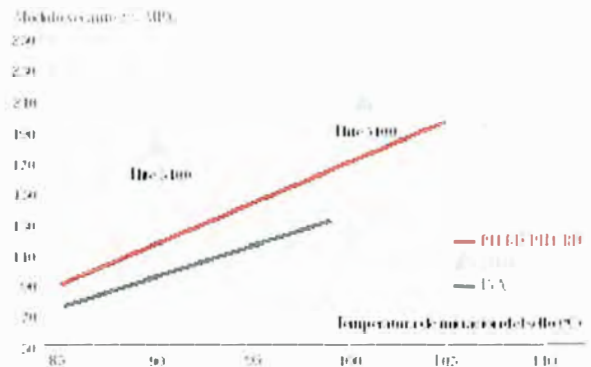


Figura 10. Combinación de propiedades en Elite: Modulo (Rigidez) vs. Temperatura de iniciación de sello

Otra combinación única que ofrece Elite es entre temperatura de iniciación de sello y módulo secante (ver figura 10). Mientras que un PELBD convencional de 180 MPa de rigidez ofrece una temperatura de iniciación de sello de 103°C, un material Elite de la misma rigidez comienza a sellar a 90°C. De esta forma, cuando Elite es aplicado en envasado automático, se puede aumentar la velocidad de empaque gracias a la baja temperatura de sello, sin perder la rigidez necesaria para mantener la maquinabilidad de la película.

►► **Siglas utilizadas**

- PEBD: polietileno de baja densidad
- PELBD: polietileno lineal de baja densidad
- PELUBD: polietileno lineal de ultra baja densidad
- PEAD: polietileno de alta densidad

Nuevos polietilenos de baja densidad (LDPE) producidos en Argentina

La demanda de mejoras en las propiedades de los polietilenos se renueva continuamente: los polietilenos de baja densidad convencionales no son ajenos a este fenómeno: mejor procesabilidad, mejor estabilidad de burbuja en altos diámetros, mejores propiedades ópticas... Hemos escuchado las necesidades de nuestros clientes, y como respuesta, hemos desarrollado en nuestra planta de Polysur, Bahía Blanca, una nueva generación de polietilenos de baja densidad que se adapten mejor a las mismas.

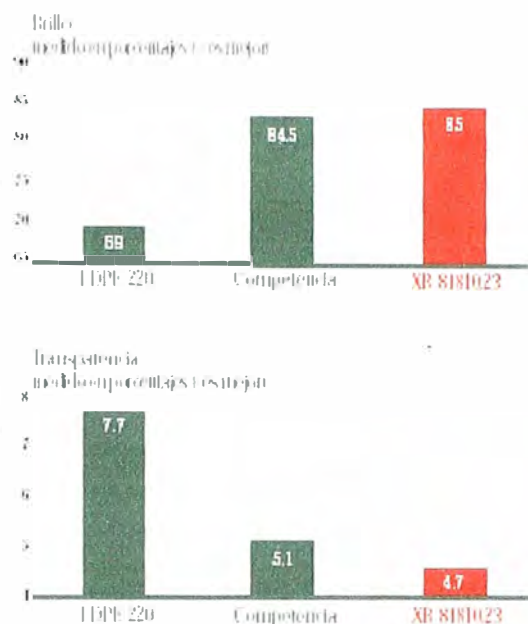
Los nuevos productos (que por norma de producción de Dow tendrán como nombre un código experimental en los primeros meses) responden a las nuevas exigencias del mercado. Para producirlos, hemos realizado distintos cambios en la planta: modificaciones en las presiones de operación, temperaturas de reacción, iniciadores de reacción y mezcla de catalizadores. Todos estos profundos cambios nos condujeron a la obtención de un espectro más perfeccionado de resinas, cuyas principales ventajas podemos sintetizar como:

- Resinas de índice fraccional con mejor procesabilidad, estabilidad de burbuja y propiedades mecánicas, en dos variedades de índice de fluidez.
- Resina de alto índice de fluidez sin aditivos para aplicaciones de película plana (casi film).
- Resina de alta claridad para espesores delgados, con alta transparencia y alto brillo.

Asimismo continuamos trabajando en el desarrollo de una resina de índice fraccional intermedio (MI = 0,7) para film termocogible de alto brillo, y una resina industrial intermedia (MI = 1), que ofreceremos a principios de Noviembre.

Evidentemente, al modificar el proceso productivo en todas las resinas y no sólo en las nuevas, debemos modificar los nombres temporalmente; somos conscientes de que esto puede generar algún inconveniente en el manejo de las mismas mientras dure la transición hacia los nombres definitivos. Esperamos, por lo tanto, disculpar estos inconvenientes, y que los mismos sean compensados por las mejoras introducidas en los productos.

En los gráficos 1 y 2, pueden verse algunas de las principales ventajas de nuestras nuevas resinas:



Gráficos comparativos de algunas estadísticas de los nuevos productos. Para la competencia se tomaron valores promedio de resinas de alta claridad de distintas marcas.

A fin de facilitar la interpretación de los códigos, hemos hecho llegar las siguientes cartillas de correlación de grados:



Guía de Referencias de los Nuevos Polietilenos de Baja Densidad

Designación	Propiedades	Observaciones
LDPE XR 8181014	Índice de Fluidez 2.5 Barridos 0.920	→ Producto Industrial Nuevo
LDPE XR 8181020	Índice de Fluidez 0.7 Barridos 0.920	→ Reemplaza al DPE 200
LDPE XR 8181019	Índice de Fluidez 0.7 Barridos 0.920	→ Reemplaza al DPE 200
LDPE XR 8181024	Índice de Fluidez 0.7 Barridos 0.920 Aditivos: Oxígeno y Antioxidante	→ Reemplaza al DPE 200
LDPE XR 8181015	Índice de Fluidez 2 Barridos 0.920	→ Reemplaza al DPE 201
LDPE XR 8181020	Índice de Fluidez 2 Barridos 0.920 Aditivos: Oxígeno y Antioxidante	→ Reemplaza al DPE 201
LDPE XR 8181022	Índice de Fluidez 3 Barridos 0.920	→ Producto Industrial Nuevo
LDPE XR 8181021	Índice de Fluidez 3 Barridos 0.920 Aditivos: Oxígeno y Antioxidante	→ Sustituye a los DPE 201 y 202 → Producto Industrial Nuevo

Estamos convencidos de que estas nuevas resinas mejoraran notablemente la calidad de sus productos y satisficieran sus más elevadas exigencias de rendimiento.

ANEXO C: Especificaciones Técnicas de las Resinas.



POLYBATCH™ CE-505-E

POLYBATCH® CE-505-E is a 5% erucamide slip concentrate based in polyethylene. This concentrate is designed to reduce film COF in LDPE, LLDPE, and mPE cast and blown films. POLYBATCH® CE-505-E can also be used in injection molding applications to perform as a release agent. POLYBATCH® CE-505-E is typically recommended for use at 1 to 2% usage levels.

Properties	Standard	Parameters	Unit
Appearance			
Pellet Count		50	pellets/gram
Chemical			
Moisture (Karl Fischer)	ASTM D789	190 °C	1000 max ppm
Total Ash	ASTM D2765		5 %
General			
Melt Flow Rate	ASTM D1238	190 °C/2.16 Kg	20 g/10 minutes
Specific Gravity	ASTM D792		0.92

Reported values pertain only to natural resins; pigmenting may vary properties. Pellet cut, size, color, and other properties may vary depending on the manufacturing location.

NOTE: While the information herein is believed to be reliable and correct, nothing herein is intended and should not be construed as a representation of warranty, expressed or implied as to results obtained or to be obtained by others who may make use of this information or with respect to the absence, existence or validity of patent rights, if any of others involving any composition or process herein referred to; or an inducement or recommendation for the violation of any such patent rights; and responsibility therefore is disclaimed.

Resina para Película Soplada

PBBPolisur

ELITE* 5401G**Poliétileno de Alto Desempeño, copolímero de octeno – Tecnología INSITE***

- Para película para envasado de alimentos y especialidades
- Resistencia al impacto extremadamente elevada
- Excelentes propiedades mecánicas (punzonado, rasgado e impacto) incluso a bajas temperaturas
- Cumple con regulación FDA 21 CFR 177.1520(c)3.2a
- Apto para contacto con alimentos según informe N° 491 / 01 emitido por el INAL de conformidad con legislación MERCOSUR

Aditivos: Deslizante
Antibloqueo

El ELITE* 5401G es un Poliétileno Lineal, copolímero de octeno, de Alto Desempeño producido mediante el Proceso de Solución a través de

la tecnología INSITE* de Dow. Esta resina presenta una combinación única de baja temperatura de inicio de sellado, módulo moderado, baja

tendencia al bloqueo y elevada resistencia del sellado en caliente para aplicaciones de envasado automático.

Propiedades Físicas	Métodos		Valores ⁽¹⁾
Propiedades de la Resina			
Índice de Fluidez (190°C / 2,16kg), g/10 m/in	ASTM D 1238		1,0
Densidad, g/cm ³	ASTM D 792		0,9175
Propiedades de la Película, 37,5µm (1.5 mil)			
Resistencia al Punzonado, J/cm ³ (ft.lbf/in. ³)	Método Dow		9 (156)
Resistencia al Impacto, (Método A), g	ASTM D 1709		1015
Resistencia al Rasgado ⁽²⁾ , g	DM	ASTM D 1922	680
	DT		890
Tracción en el Punto de Fluencia, MPa (psi)	DM	ASTM D 882	10 (1450)
	DT		10 (1450)
Tracción en el Punto de Ruptura, MPa (psi)	DM	ASTM D 882	38 (5511)
	DT		30 (4351)
Elongación en el Punto de Ruptura, %	DM	ASTM D 882	720
	DT		800
Módulo Secante al 2%, MPa (psi)	DM	ASTM D 882	132 (19145)
	DT		136 (19725)
Brillo, 45°	ASTM D 2457		62
Nubosidad, %	ASTM D 1003		11
Temperatura de Inicio de Sellado ⁽²⁾⁽³⁾ , °C (°F)	Método Dow		95 (203)

Condiciones de Procesamiento Utilizadas:

- Diámetro de Tornillo: 63.5 mm (2.5 in.), 24:1 L/D
- Tipo de Tornillo: Simple con Mezclador Doble
- Luz de Labio: 1.8 mm (70 mil)
- Temperatura de Masa: 232°C (450°F)
- Productividad: 52 kg/h (113 lb/h)
- Diámetro de Matriz: 152 mm (6 in.)
- Relación de Soplado: 2,5:1
- Velocidad de Tornillo: 83 rpm
- Altura de la Línea de Enfriamiento: 635 mm (25 in.)

(1) Valores típicos para el producto que deberán ser confirmados por el cliente a través de sus propios ensayos.

(2) Temperatura a la cual fue alcanzada la resistencia en el sello de 8.8 N/25.4 mm (2 lb/in.)

(3) Resistencia del sello, equipo Topware HT intervalo de 0.5 s, presión 40 psi, bar, velocidad de tracción en el Instron 250 mm/s (10 in./min)

Leer "Consideraciones del Manejo" en el reverso

*Marca Registrada The Dow Chemical Company

Formulano No 002-00267 1101XX

PBBPolisur S.A. Sociedad controlada por The Dow Chemical Company

Actualizado 03/0

POLYBATCH® FTA 50P

Polybatch® FTA 50P es un concentrado que contiene 50% de un mineral antibloqueante en base LDPE.

PROPIEDAD	METODO	VALOR TIPICO	UNIDAD
Resina base.		LDPE	
Índice de fluidez.	ASTM D1238	9	g/10 min.
Porcentaje de cenizas	ASM MA-002-08	50	%
Tamaño de pelets.	ASM MA-003-08	30	pelet/g.
Humedad.	ASTM D789	1000 ppm Max	Karl Fisher 190°C

Características

- ✓ Excelente procesabilidad, y óptima dispersión.
- ✓ Excelente nivel antibloqueo a costo competitivo.
- ✓ Funciona como "de-tackifier"

Recomendaciones de uso

- ✓ Aplicaciones de extrusión de película delgada de resinas de alto COF y tacto pegajoso tales como mLLDPE y Ionómeros.
- ✓ Considerar los factores que influyen las propiedades ópticas y superficiales de las películas. Contacte al departamento de Servicio Técnico para mayor información.

Estatus FDA

Polybatch® FTA 50P contiene sólo materiales reconocidos por FDA regulados de acuerdo a:

- 21 CFR 175.300
- 21 CFR 177.1520.
- 21 CFR 178.3860.

Empaque y Almacenamiento

- ✓ Cajas de cartón Octabin. y bolsas de 25 Kgs.
- ✓ Este producto es sensible a la humedad por lo que se recomienda rotar el inventario en un período de un año después de la compra.

Revisión: Marzo 2002/PCG

Nota: La información mencionada creemos que es confiable y correcta, nada de lo aquí mencionado debe ser tomado como una representación de garantía expresa o implícita, así como resultados obtenidos por terceros quienes podrían hacer uso de esta información, ó con respecto a la ausencia, existencia o validación de derechos de patente. Cualquier otra información que involucre la composición ó proceso que aquí nos referimos; ó la recomendación que viole alguno de los derechos de patente, en estos casos la responsabilidad y obligación será negada. Es responsabilidad del cliente llevar a cabo sus propias evaluaciones sobre su aplicación final a fin de comprobar los resultados de la información aquí sugerida ya que existen muchos factores que influyen en el desempeño de los productos.

Hoja Técnica

www.aschulman.com



POLYBATCH® AMF 702

Polybatch® AMF 702 es un concentrado de ayuda de proceso que contiene 2.5% de fluoropolímero en base LDPE.

PROPIEDAD	METODO	VALOR TIPICO	UNIDAD
Resina base.		LDPE	
Índice de fluidez.	ASTM D1238	3	g/10 min.
Tamaño de pelets.	ASM MA-003-08	45	pelet/g.
Humedad.	ASTM D789	1000 ppm Max	Karl Fisher 190°C

Características

- ✓ Mejora la procesabilidad de las poliolefinas.
- ✓ Recubre internamente las superficies de metal del equipo de extrusión (barril y dado) lo cual le permite al polímero fluir con más facilidad.
- ✓ Reduce y elimina la "fractura de melt.", piel de tiburón ó piel de naranja, etc.
- ✓ Reduce los ciclos de inyección y mejora el brillo superficial de las piezas inyectadas.

Recomendaciones de uso

- ✓ Compatibilidad con películas pigmentadas y naturales de LLDPE, mLLDPE, HDPE y PP.
- ✓ Inyección y extrusión se sugieren niveles entre 1 y 2%.
- ✓ Puede ser usado en aplicaciones con contacto directo con alimentos hasta un 5%.

Estatus FDA

Polybatch® AMF 702 contiene sólo materiales reconocidos por FDA regulados de acuerdo a:

- 21 CFR 175.320
- 21 CFR 177.1520.
- 21 CFR 178.2010

Empaque y Almacenamiento

- ✓ Cajas de cartón Octabin. y bolsas de 25 Kgs.
- ✓ Se recomienda mantener cerradas las bolsas durante el almacenamiento y se recomienda rotar el inventario en un período máximo de una año después de la compra.

Revisión:

Marzo 2002/PCG

Nota: La información mencionada creemos que es confiable y correcta, nada de lo aquí mencionado debe ser tomado como una representación de garantía expresa o implícita, así como resultados obtenidos por terceros quienes podrían hacer uso de esta información, ó con respecto a la ausencia, existencia o validación de derechos de patente. Cualquier otra información que involucre la composición ó proceso que aquí nos referimos; ó la recomendación que viole alguno de los derechos de patente, en estos casos la responsabilidad y obligación será negada. Es responsabilidad del cliente llevar a cabo sus propias evaluaciones sobre su aplicación final a fin de comprobar los resultados de la información aquí sugerida ya que existen muchos factores que influyen en el desempeño de los productos.






Wednesday, June 25,

Lupolen 2420 F

Basell Polyolefins - Polyethylene, Low Density

Units English

Actions

-  - ASTM Data Sheet
-  - MSDS
-  - E-mail a Basell Data Sheet

Product Characteristics

Material Status	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial Active
Availability	<ul style="list-style-type: none"> • Australia • Africa • Latin America • Middle East • Pacific Rim • Asia • Europe
Test Standards Available	<ul style="list-style-type: none"> • ISO • DIN • ASTM • Optical
Features	<ul style="list-style-type: none"> • Blow Molding Applications • Bags • Packaging • Pellets • Extrusion, Film • Extrusion Blow Molding
Forms	<ul style="list-style-type: none"> • Laminates • Wrap, Shrink
Processing Method	

Properties ¹

Physical	Nominal Values (English)	Test Method
Density	0.923 g/cm ³	ISO 1183
Melt Mass-Flow Rate (MFR) (190°C/2.16 kg)	0.75 g/10 min	ISO 1133
Mechanical	Nominal Values (English)	Test Method
Tensile Modulus (73 °F)	37700 psi	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield (73 °F)	1600 psi	ISO 527-1, -2
Films	Nominal Values (English)	Test Method
Tensile Strain at Break (TD, 0.00197 in, Blown Film)	600 %	ISO 527-1, -3
(MD, 0.00197 in, Blown Film)	300 %	
Tensile Strength (TD, 0.00197 in, Blown Film)	2900 psi	ISO 527-1, -3
(MD, 0.00197 in, Blown Film)	3770 psi	
Hardness	Nominal Values (English)	Test Method
Shore Hardness (Shore D)	48	ISO 868
Ball Indentation Hardness (H 49/30)	2610 psi	ISO 2039-1
Thermal	Nominal Values (English)	Test Method
Vicat Softening Temperature (A50 (50°C/h 10N))	205 °F	ISO 306
Melting Temperature (DSC)	232 °F	ISO 3146
Additional Properties		
Failure Energy, DIN 53373, 50 µm: 5.5 J/mm		
Coefficient of Friction, ISO 8295: 85%		
Recommended Film Thickness: 25 to 100 µm		
Processing Information		
Injection Molding Parameters	Nominal Values (English)	Test Method
Processing (Melt) Temp	392 to 482 °F	
Extrusion Molding Parameters	Nominal Values (English)	Test Method
Melt Temperature	338 to 428 °F	

Lupolen® 33

Features

Low-density polyethylene (LDPE)
Pellets
Good flexibility
High impact resistance
Good toughness

Applications

Film extrusion
- Building & construction film
- Agricultural film
- Heavy duty packagings
- Heavy duty shrinkable film
Pipe extrusion
- Irrigation pipes

Performance Properties (°)	Method	Unit	Value
Mass density (23°C)	ISO 1183	g/cm ³	0,922
Melt flow rate (190/2.16)	ISO 1133	g/10 min	0,3
Vicat softening temperature A/50	ISO 306	°C	93
Tensile modulus of elasticity	ISO 527	MPa	220
Stress at yield	ISO 527	MPa	10
Ball indentation hardness H 49/30	ISO 2039-1	MPa	17
Shore D hardness	ISO 868	-	46
Film Properties: (*)			
Max. tensile strength MD	ISO 527	MPa	26
Max. tensile strength TD	ISO 527	MPa	21
Maximum elongation MD	ISO 527	%	310
Maximum elongation TD	ISO 527	%	500
Failure energy	DIN 53373	J/mm	7
Dart Drop Impact	ASTM D 1709	g	340
Gloss 20°	ASTM D 2457	-	>20
Gloss 60°	ASTM D 2457	-	70
Haze	ASTM D 1003	%	<13
Coefficient of friction	ISO 8295	%	70
Melting point	ISO 3146	°C	
Vicat softening temperature A/50	ISO 306	°C	93
Min. coating weight		g/m ²	
Neck-in (315°C, 200 m/min)		cm	

*) Blown film: thickness 100 µm, extruded at melt temperature of 200 °C and a blow-up ratio 2:1.

*) Typical values; not to be construed as specifications.

Processing: Recommended melt temperatures: 180-205 °C.
Recommended film thickness: 60-220 µm.



Exceed™ mLLDPE

Exceed 1018 Formulated Series

Blown Film Resin

Description

Exceed 1018 resins are hexene copolymer produced using ExxonMobil Chemical's EXXPOL® Technology.

Films made from Exceed 1018 resin have outstanding tensile, impact strength and puncture. These superior strength properties, along with excellent drawability, allow downgauging in bag application.

Applications

- Trash bags, liners
- General packaging

Additive Package	PPA	Antiblock	Slip	Thermal Stabilizer
Exceed 1018 DA	Yes	4500 ppm	No	Yes
Exceed 1018 EA	Yes	5000 ppm	1000 ppm	Yes
Exceed 1018 EB	Yes	2500 ppm	750 ppm	Yes
Exceed 1018 FA	Yes	4500 ppm	450 ppm	Yes

Resin Properties	Test Based On	Typical Value / Units
Melt Index	ExxonMobil Method	1.0 g/10 min
Density	ExxonMobil Method	0.918 g/cm ³
Peak Melting Temperature	ExxonMobil Method	119°C 246°F

Film Properties¹ (1 mil (25.4 micron) film)

Haze		ASTM D1003	16%
Gloss, 45°	MD	ASTM D2457	42
	TD		43
Yield Strength@ 2% Offset	MD	ASTM D882	9.0 MPa 1300 psi
	TD		8.5 MPa 1200 psi
Tensile Strength	MD	ASTM D882	46.1 MPa 6600 psi
	TD		32.1 MPa 4600 psi
Elongation @ Break	MD	ASTM D882	470%
	TD		550%
1% Secant Modulus	MD	ASTM D882	175.0 MPa 25100 psi
	TD		181.6 MPa 26000 psi
Tear Resistance	MD	ASTM D1922	270 g
	TD		440 g
Puncture Break Energy		ExxonMobil Method	1.8 N m 16 in-lb
Dart Drop Impact, F ₅₀		ASTM D1709A	580 g

¹ Film Made from Exceed 1018 EA on a 2.5 inch blown film line equipped with a 2.5:1 blow-up ratio, 60 mil die gap, 411°F (211°C) melt temperature, 24 inch frostline and 10 lb/die inch/hr.

Exceed 1018 resins can - in principle - be used in food contact applications in all EU Member States and in the USA (FDA). Migration or use limitations may apply. Please contact your ExxonMobil Chemical representative for more detailed information and/or actual compliance certification documents for the specific grade of interest.

©2005 ExxonMobil. To the extent the user is entitled to disclose and distribute this document, the user may forward, distribute, and/or photocopy this copyrighted document only if unaltered and complete, including all of its headers, footers, disclaimers, and other information. You may not copy this document to a Web site. ExxonMobil does not guarantee the typical (or other) values. Analysis may be performed on representative samples and not the actual product shipped. The information in this document relates only to the named product or materials when not in combination with any other product or materials. We based the information on data believed to be reliable on the date compiled, but we do not represent, warrant, or otherwise guarantee, expressly or impliedly, the merchantability, fitness for a particular purpose, suitability, accuracy, reliability, or completeness of this information or the products, materials, or processes described. The user is solely responsible for all determinations regarding any use of material or product and any process in its territories of interest. We expressly disclaim liability for any loss, damage, or injury directly or indirectly suffered or incurred as a result of or related to anyone using or relying on any of the information in this document. There is no endorsement of any product or process, and we expressly disclaim any contrary implication. The terms "we", "our", "ExxonMobil Chemical", or "ExxonMobil" are used for convenience and may include any one or more of ExxonMobil Chemical Company, Exxon Mobil Corporation or any affiliates they directly or indirectly steward. The ExxonMobil Chemical Emblem, the Interlocking X Device, ExxonMobil, Exxon, Exceed, Escor, Escorene, Enable, Optima, Par-Plus, and Polybit are trademarks of Exxon Mobil Corporation.

Revised January 2005

Resina para...



AFFINITY* PL 1881

Plastómero Poliolefínico – Tecnología INSITE*

- Baja temperatura de inicio de sellado
- Excelente resistencia del sello en caliente
- Alta eficiencia de sellado a través de contaminantes
- Excelentes propiedades ópticas
- Cumple con regulación FDA 21 CFR 177.1520 c) 3.2 a)
- Apto para contacto con alimentos según informe N° 789/97 emitido por el INAL de conformidad con legislación MERCOSUR

Aditivos: Deslizante
Antibloqueo

El AFFINITY* 1881 es un Plastómero Poliolefínico producido mediante la tecnología INSITE* de Dow Plastics. Ha sido diseñado para su uso como capa sellante en

estructuras flexibles para envasado de carnes, quesos, alimentos secos, etc. Debido a su excelente capacidad de sellado, resistencia del sello en caliente, propiedades

ópticas y resistencia mecánica, está especialmente indicado para su uso en máquinas de alta velocidad de conformado-llenado-sellado.

Propiedades Físicas	Métodos	Valores ⁽¹⁾
Propiedades de la Resina		
Índice de Fluidez (190°C / 2,16kg), g/10 min	ASTM D 1238	1.0
Densidad, g/cm ³	ASTM D 792	0.9035
Punto de Fusión (DSC) °C (°F)	Método Dow	100 (212)
Punto de Ablandamiento Vicat, °C (°F)	ASTM D 1525	86 (187)
Propiedades de la Película, 50µm (2.0 mil)		
Resistencia al Punzonado, J/cm ³ (ft-lbf/in. ³)	Dow Method	22 (265)
Energía, J (in.lbf)		8 (72)
Fuerza, N (lbf)		83 (18)
Resistencia al Impacto, (Método B), g	ASTM D 1709	>830
Resistencia al Rasgado ⁽²⁾ , g	DM DT	560 730
Tracción en el Punto de Fluencia, MPa (psi)	DM DT	8 (1170) 7 (1040)
Tracción en el Punto de Ruptura, MPa (psi)	DM DT	45 (6580) 43 (6170)
Elongación en el Punto de Ruptura, %	DM DT	585 630
Módulo Secante al 2%, MPa (psi)	DM DT	97 (14120) 97 (14060)
Brillo, 20°	ASTM D 2457	112
Nubosidad, %	ASTM D 1003	3.2
Temperatura de Inicio de Sellado ⁽³⁾⁽⁴⁾ , °C	Método Dow	85 (185)
COF (Película/Película)	ASTM D 1894	0.15
Fuerza de Bloqueo, g	ASTM D 3354-89	70

Condiciones de Procesamiento Recomendadas:

- Diámetro de Tornillo: 63.5 mm (2.5 in.); 24:1 L/D
- Tipo de Tornillo: DBS II
- Luz de Labio: 1,8 mm (70 mil)
- Temperatura de Masa: 221°C (430°F)
- Diámetro de Matriz: 152 mm (6 in.)
- Relación de Soplado: 2.5:1
- Velocidad de Tornillo: 40 rpm.
- Altura de la Línea de Enfriamiento: 635 mm (25 in.)

- (1) Valores típicos para el producto que deberán ser confirmados por el cliente a través de sus propios ensayos
- (2) Especimen de Test Modificado, rectangular.
- (3) Temperatura a la cual fue alcanzada la resistencia en el sello de 8.8 N/25.4 mm.
- (4) Equipo automático de Sello Topwave HT Tester intervalo de 0.5 s, presión 40 psi bar, velocidad de tracción en el Instron de 250 mm/s (10 in./min).

Leer "Consideraciones del Manejo" en el reverso

*Marca Registrada de The Dow Chemical Company

Formulario No 002-00028.0502

Dow Plastics, una empresa de The Dow Chemical Company y sus subsidiarias

Actualizado 05/0.



POLYBATCH[®] AO 25A

Polybatch[®] AO 25A es un concentrado que contiene una mezcla de antioxidantes térmicos en base LDPE.

PROPIEDAD	METODO	VALOR TIPICO	UNIDAD
Resina base.		LDPE	
Índice de fluidez.	ASTM D1238	11	g/10 min.
Tamaño de pelets.	ASM MA-003-08	50	pelet/g.
Humedad.	ASTM D789	1000 ppm Max	Karl Fisher 190°C

Características

- ✓ Minimiza la degradación térmica de las poliolefinas que origina (oxidación, cross-linking, geles, pérdida de propiedades mecánicas y aparición de partículas carbonizadas.
- ✓ Minimiza los depósitos en el dado durante la fabricación de películas.
- ✓ Estabilización térmica de poliolefinas expuestas a altas temperaturas de extrusión ó largos períodos de residencia dentro del extrusor.
- ✓ Permite incrementar porcentaje de material reciclado.

Recomendaciones de uso

- ✓ Para minimizar depósitos en el dado y aparición de carbones y geles usar 1%
- ✓ Para mejorar estabilidad térmica de reciclado usar 2%.

Estatus FDA

Polybatch[®] AO 25A contiene sólo materiales reconocidos por FDA regulados de acuerdo a:

- 21 CFR 175.300.
- 21 CFR 177.1520.
- 21 CFR 178.2010.

Empaque y Almacenamiento

- ✓ Cajas de cartón Octabin y bolsas de 25 Kgs.
- ✓ Aunque no se ha determinado un tiempo máximo de almacenamiento, recomendamos rotar los inventarios y utilizar el producto antes de un año después de la compra.

Revisión: Marzo 2002/PCG

Nota: La información mencionada creemos que es confiable y correcta, nada de lo aquí mencionado debe ser tomado como una representación de garantía expresa o implícita, así como resultados obtenidos por terceros quienes podrían hacer uso de esta información, ó con respecto a la ausencia, existencia o validación de derechos de patente. Cualquier otra información que involucre la composición ó proceso que aquí nos referimos, ó la recomendación que vale alguno de los derechos de patente, en estos casos la responsabilidad y obligación será negada. Es responsabilidad del cliente llevar a cabo sus propias evaluaciones sobre su aplicación final a fin de comprobar los resultados de la información aquí sugerida ya que existen muchos factores que influyen en el desempeño de los productos

← Regresar