

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



1 Introducción.

El uso de mezclas de diferentes polietilenos es muy común en la fabricación de empaques flexibles, tanto para alimentos como en aplicaciones industriales. La cantidad de materias primas disponibles para elaborar estos productos es muy grande. Sólo en Venezuela, es posible seleccionar entre más de 12 resinas de polietileno diferentes para obtener un balance apropiado entre propiedades finales del producto y procesabilidad. Si a esta gran variedad se incluye la posibilidad de añadir productos especiales, el transformador se encuentra ante el gran dilema de conocer si su mezcla y proceso son los adecuados para la aplicación que está desarrollando.

El propósito de este boletín técnico es introducir al lector a los selectores de mezclas para empaque que POLINTER ha desarrollado para sus clientes, con el fin de facilitarle la tarea de seleccionar cuál combinación de materiales es la mejor para la aplicación que desarrolla.

Los selectores de mezclas se desarrollaron en la forma de hojas de cálculo, donde el usuario sólo introduce los datos básicos (tipo y cantidad de resina) y como resultado obtiene la predicción, basada en estudios experimentales y análisis estadísticos efectuados en los laboratorios de investigación y Desarrollo de POLINTER, de las propiedades finales de la película. Esto servirá para reducir los tiempos de pruebas y experimentos en planta (con el consecuente ahorro de tiempo y materiales) y para experimentar las posibilidades de mejora de los productos existentes.

Existen dos tipos de selectores disponibles actualmente para los clientes de POLINTER:

- Selectores de mezcla para empaque automático (espesores de hasta 80 micras).
- Selectores de mezcla para empaque termoencogible.

El presente boletín técnico cubre las características principales del primero de los selectores (para empaque automático).

2 ¿Cómo diseña una mezcla?

A la hora de diseñar una mezcla se suelen cumplir ciertos pasos, sea de manera formal o de forma intuitiva y casi inconsciente. Si se sigue una secuencia formal y se documenta, es posible lograr optimizaciones desde un principio, lo cual redundará en menores costos y/o mejor desempeño.

La siguiente lista propone una serie de etapas que deben considerarse a la hora de diseñar una mezcla:

1. Defina las propiedades deseadas para la mezcla, de manera cuantitativa. En el caso de los selectores, ello permitirá cuantificar la calidad de la mezcla seleccionada empleando las predicciones numéricas del selector.
2. Seleccione las resinas candidatas, de acuerdo con las propiedades deseadas, incluyendo el costo de las mismas.
3. Tabule las ventajas y desventajas de cada resina. Esto permitirá identificar alternativas.
4. Use el selector para elegir combinaciones de resinas que muestren potencial para cumplir con los requisitos de la mezcla.
5. Haga un primer estimado de costos. Si los números son atractivos, siga adelante; en caso contrario, seleccione otro conjunto de resinas (paso 4).
6. Analice la mezcla seleccionada desde la óptica del procesamiento y la aplicación final. Recuerde que hay aspectos, como la apariencia, que no pueden ser predichos con el selector.
 - ¿Es obvio que va a funcionar o es obvio lo contrario?
 - ¿Será procesable con los equipos disponibles?
 - ¿Conservará sus propiedades a lo largo de su vida útil?
7. Si la mezcla seleccionada es considerada como apropiada, use el selector para estimar las propiedades de la película. Compare contra las propiedades deseadas de la resina (paso 1) y ajuste el espesor o concentraciones de los componentes de la mezcla para optimizar las propiedades.

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



3 Funcionamiento del selector.

Para construir los modelos matemáticos empleados en el selector se prepararon, extruyeron y midieron más de 100 mezclas diferentes. Se establecieron las siguientes limitaciones que aplican a los dos selectores en estudio:

- Contenido de PELBD (buteno): entre 60 y 90%.
- Contenido de PELBD (octeno): entre 0 y 30%.
- Tipo de PEBD: Venelene® FA0240, FD0348 ó FB3003.
- Tipo de PELBD buteno: Venelene® 11F1, 11U4 ó 11Q4.
- Tipo de PELBD octeno: Venelene® 11O1 y 11O4.

- Espesor de la película en micras (μm). El espesor se refiere a una sola cara de la película (no a la película colapsada en bobina).
- Las mezclas deben contener un mínimo de 10% de PEBD, con el propósito de mantener buenas propiedades ópticas.

La Figura 1 muestra el selector de materiales desarrollado como hoja de cálculo Microsoft Excel®, donde se incorporan los modelos estadísticos desarrollados para hacer los cálculos matemáticos que proporciona los resultados (presentados en la misma hoja, para facilidad de manejo y visualización).



Selector de materiales para empaque automático (mayoritario PELBD)

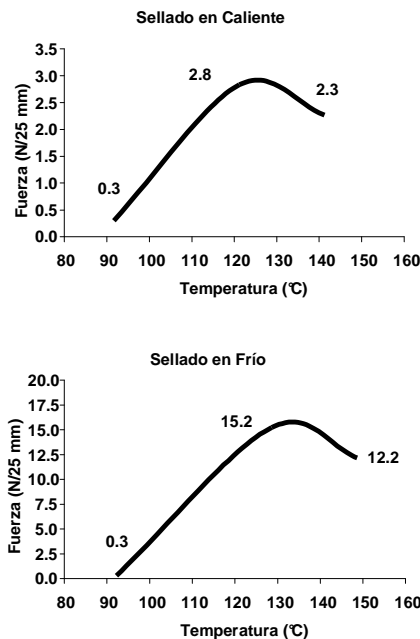


Materiales a emplear		%
PEBD	FA0240	20
PELBD (b)	11Q4	80
PELBD (o)	11O4	0
Espesor	μm	50

Potencia		
Potencia específica A/(Kg/h)		1.607

Respuesta al sellado		
Temp. Inicio Hot Tack	°C	92
Temp. Fuerza máxima Hot Tack	°C	121
Fuerza máxima Hot Tack	N/25 mm	2.8
Temp. Inicio Sello Frío	°C	92
Temp. Fuerza máxima Sello Frío	°C	129
Fuerza máxima Sello Frío	N/25 mm	15.2

Propiedades Ópticas		
Brillo		104
Transmisión Luminosa		84
Turbidez		9.5



Propiedades en Tensión MD		
Módulo Elástico MD	MPa	210
Esfuerzo a la Ruptura MD	MPa	34
Deformación a la Ruptura MD	%	630
Tenacidad MD	MPa	120

Propiedades en Tensión TD		
Módulo Elástico TD	MPa	280
Esfuerzo a la Ruptura TD	MPa	30
Deformación a la Ruptura TD	%	790
Tenacidad TD	MPa	130

Resistencia al Desgarre y a la Penetración		
Resistencia al Desgarre MD	gr	130
Resistencia al Desgarre TD	gr	680
Resistencia a la Penetración	gr	710
Resistencia al Impacto (23°C)	kJ/m	19.6

Figura 1. Selector de materiales para empaque automático.

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



El uso del selector es muy sencillo. En la parte superior izquierda (zona sombreada en gris), el usuario introduce los porcentajes de la mezcla. El programa realiza una advertencia, en el caso que la suma de los componentes de la mezcla no sea el 100%. Del mismo modo, se emite una advertencia si la mezcla seleccionada o los espesores elegidos escapan del diseño experimental que sirvió para generar los modelos, indicándole al usuario que, de proseguir, los resultados serán consecuencia de una extrapolación y no serán tan confiables como en el caso que estén contenidos dentro del diseño. En el caso que las proporciones seleccionadas no estén demasiado alejadas de los límites del selector, sus resultados pueden ser usados con cierta confianza, al menos para estudiar posibles tendencias.

Los resultados se muestran de modo numérico (parte izquierda inferior y parte derecha). Los datos de sellado en frío y caliente son mostrados de modo gráfico y se destacan los valores numéricos para propósitos de comparación.

4 Ejemplo.

Un transformador procesa una mezcla de Venelene® FA0240 (40%) con Venelene® 11Q4 (60%), destinada al empaque de granos en una presentación de 1 Kg, con un espesor de 60 µm. Su cliente desea tener una película que permita ver a través de ella, con buen brillo, de modo que destaque frente a una gran cantidad de competidores, debido a que los precios no son muy diferentes (mercado regulado). También ha recibido comentarios de usuarios finales donde le indican que la mayoría de los compradores no consumen el producto totalmente al abrir el paquete, de modo que el mismo es reutilizado. Ello hace que los requisitos de resistencia al desgarre sean elevados, para evitar fuga del material cuando se abre el empaque. Las propiedades del empaque, de acuerdo con el selector se muestran en la Figura 2.



Selector de materiales para empaque automático (mayoritario PELBD)

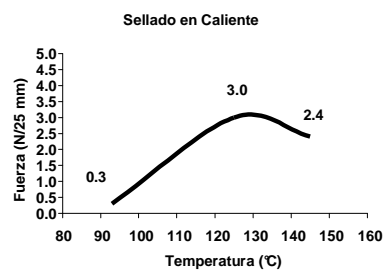


Materiales a emplear		%
PEBD	FA0240	40
PELBD (b)	11Q4	60
PELBD (o)	1104	0
Espesor	µm	60

Potencia y costos específicos		
Potencia específica	A/(Kg/h)	1.537

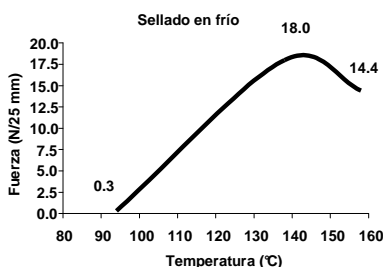
Respuesta al sellado		
Temp. Inicio Hot Tack	°C	93
Temp. Fuerza máxima Hot Tack	°C	125
Fuerza máxima Hot TackN/25 mm		3.0
Temp. Inicio Sello Frío	°C	94
Temp. Fuerza máxima Sello Frío	°C	138
Fuerza máxima Sello FríoN/25 mm		18.0

Propiedades Ópticas		
Brillo		105
Transmisión Luminosa		85
Turbidez		8.4



Propiedades en Tensión MD	
Módulo Elástico MD MPa	180
Esfuerzo a la Ruptura MD MPa	25
Deformación a la Ruptura MD %	520
Tenacidad MD MPa	100

Propiedades en Tensión TD	
Módulo Elástico TD MPa	240
Esfuerzo a la Ruptura TD MPa	27
Deformación a la Ruptura TD %	730
Tenacidad TD MPa	110



Resistencia al Desgarre y a la Penetración	
Resistencia al Desgarre MD gr	110
Resistencia al Desgarre TD gr	660
Resistencia a la Penetración gr	780
Resistencia al Impacto (23°C)kJ/m	21.9

Figura 2. Propiedades del empaque para granos (situación original: 60% Venelene® 11Q4, 40% Venelene® FA0240, 60 µm).

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



De acuerdo con la información suministrada por el cliente, los aspectos más importantes a revisar son: las propiedades ópticas (brillo, transmisión luminosa y turbidez) y las propiedades de resistencia al desgarre en MD y TD. En esta aplicación, que es del tipo empaque automático (FFS), es igualmente importante mantener una baja temperatura de inicio de sello (TIS), una baja temperatura de fuerza máxima de sello (TFMS) y una alta fuerza de sello (todo ello permite que la máquina de empaque pueda trabajar a mayor velocidad y que el costo del producto sea menor).

La primera opción que se examina es la de aumentar la proporción de PELBD en la mezcla. Esto reduce el costo y aumenta la resistencia al desgarre, pero va a afectar, sin duda, las propiedades ópticas. Sin embargo, con el aumento

de propiedades puede evaluarse una reducción en el espesor. La Figura 3 muestra los resultados del cambio de proporciones de mezcla y reducción de espesor de 60 a 50 μm . Las propiedades ópticas se mantienen casi iguales, con la excepción de la turbidez, que sube de 8.4 a 9.5. Sin embargo, es posible que esta diferencia no sea tan notable por el menor espesor de la película. Pese a la reducción de espesores, se logra aumentar ligeramente la resistencia al desgarre, lo que garantiza la integridad del empaque.

Adicionalmente a lo esperado, se gana una mayor rigidez del empaque (como módulo), tanto MD como en TD, y se reduce en 1°C la TIS y la TFMS. Esto se logra sacrificando ligeramente (menos de 10%) la fuerza máxima de sello. En conclusión, esta opción luce atractiva.



Selector de materiales para empaque automático (mayoritario PELBD)

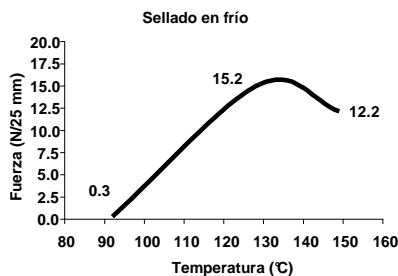
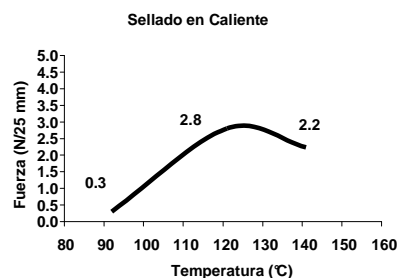


Materiales a emplear		%
PEBD	FA0240	20
PELBD (b)	11Q4	80
PELBD (o)	1104	0
Espesor	μm	50

Potencia y costos específicos		
Potencia específica	A/(Kg/h)	1.607

Respuesta al sellado		
Temp. Inicio Hot Tack	°C	92
Temp. Fuerza máxima Hot Tack	°C	121
Fuerza máxima Hot Tack	N/25 mm	2.8
Temp. Inicio Sello Frío	°C	92
Temp. Fuerza máxima Sello Frío	°C	129
Fuerza máxima Sello Frío	N/25 mm	15.2

Propiedades Ópticas		
Brillo		104
Transmisión Luminosa		84
Turbidez		9.5



Propiedades en Tensión MD	
Módulo Elástico MD	MPa 210
Esfuerzo a la Ruptura MD	MPa 34
Deformación a la Ruptura MD	% 630
Tenacidad MD	MPa 120

Propiedades en Tensión TD	
Módulo Elástico TD	MPa 280
Esfuerzo a la Ruptura TD	MPa 30
Deformación a la Ruptura TD	% 790
Tenacidad TD	MPa 130

Resistencia al Desgarre y a la Penetración	
Resistencia al Desgarre MD	gr 130
Resistencia al Desgarre TD	gr 680
Resistencia a la Penetración	gr 710
Resistencia al Impacto (23°C)	kJ/m 19.6

Figura 3. Mezcla con 80% de Venelene® 11Q4 y 20% de Venelene® FA0240 a 50 μm .

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



Sin embargo, las presiones para reducir costos de empaque se mantienen y el transformador desea tener un "as bajo la manga". La opción de usar una pequeña cantidad de PELBD octeno y reducir el espesor puede ser la alternativa. A pesar de que el PELBD octeno es un producto de mayor costo, la reducción en espesores que puede obtenerse por su alta resistencia al desgarre y buen sellado, compensa y mejora esta diferencia. Además, debe mejorar, de modo notable, el sellado y mantener las propiedades de resistencia al desgarre. Así, se sugiere elaborar una mezcla de 80% PELBD Venelene® 11Q4, 10% PELBD Venelene® 11U4 y 10% PEBD Venelene® FA0240, a 40 µm, reduciendo el espesor original en un 20% para compensar el costo del producto PELBD octeno. Sin embargo, surgen las dudas: ¿no será muy arriesgado reducir tanto el espesor?, ¿afectará una mezcla ternaria las propiedades ópticas?, ¿se mantendrá la rigidez del empaque?, ¿podrá el extrusor procesar una proporción tan grande de

PELBD?. Todas estas interrogantes son muy válidas y harían dudar a más de un transformador antes de emplear resina, tiempo de máquina y tiempo de operadores en una acción que pudiera fallar.

El uso del selector da algunas luces que permiten tener mayor certeza y responder a algunas de las preguntas. En la

Figura 4 se muestran los resultados ofrecidos por el selector para la mezcla y espesor seleccionados.



Selector de materiales para empaque automático (mayoritario PELBD)

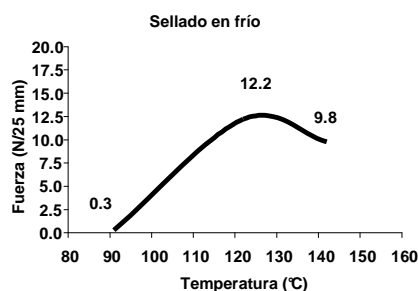
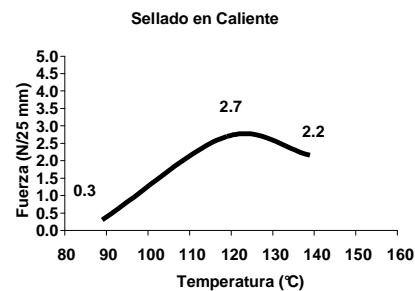


Materiales a emplear		%
PEBD	FA0240	10
PELBD (b)	11Q4	80
PELBD (o)	1104	10
Espesor	µm	40

Potencia y costos específicos		
Potencia específica	A/(Kg/h)	1.647

Respuesta al sellado		
Temp. Inicio Hot Tack	°C	89
Temp. Fuerza máxima Hot Tack	°C	119
Fuerza máxima Hot Tack	N/25 mm	2.7
Temp. Inicio Sello Frío	°C	91
Temp. Fuerza máxima Sello Frío	°C	122
Fuerza máxima Sello Frío	N/25 mm	12.2

Propiedades Ópticas		
Brillo		103
Transmisión Luminosa		84
Turbidez		9.4



Propiedades en Tensión MD	
Módulo Elástico MD	MPa 230
Esfuerzo a la Ruptura MD	MPa 42
Deformación a la Ruptura MD	% 670
Tenacidad MD	MPa 140

Propiedades en Tensión TD	
Módulo Elástico TD	MPa 250
Esfuerzo a la Ruptura TD	MPa 32
Deformación a la Ruptura TD	% 780
Tenacidad TD	MPa 140

Resistencia al Desgarre y a la Penetración	
Resistencia al Desgarre MD	gr 140
Resistencia al Desgarre TD	gr 710
Resistencia a la Penetración	gr 680
Resistencia al Impacto (23°C)	kJ/m 18.8

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



Figura 4. Resultados para una mezcla con 80% de Venelene® 11Q4, 10% de Venelene® 11O4 y 10% de Venelene® FA0240 a 40 µm.

Analizando las propiedades principales para esta mezcla y espesores, se observa que se mantiene la resistencia al desgarre por encima de los valores originales, mientras que las propiedades ópticas son prácticamente iguales (con el añadido que el menor espesor debe dar una impresión de mayor transparencia), por lo que las propiedades claves se mantienen en una película que es un 33% menos gruesa. Por otro lado, la TIS se reduce en 4°C y la temperatura de máximo sello en 6°C, lo que se debe traducir en un incremento en la velocidad de

llenado de los empaques. Las películas son más rígidas (mayor módulo), lo cual es un beneficio adicional. La única consideración que debe tener presente el transformador es que esta película consume un 7% más energía por Kg/h de procesamiento, por lo que posiblemente se necesite aumentar la temperatura en el extrusor. La Tabla 1 muestra, de modo resumido, los cambios esperados con las dos opciones evaluadas.

Tabla 1. Resumen de resultados proporcionados por el selector.

	Unidades	Original	Caso 1	(Dif. %) ¹	Caso 2	(Dif. %) ¹
% de PEBD		40	20		10	
% de PELBD-buteno		60	80		80	
% de PELBD-octeno		-	-		10	
Espesor	µm	60	50	-17%	40	-33%
Potencia	A	1.54	1.61	5%	1.64	6%
Temp. Inicio sello	°C	93	92	-1%	89	-4%
Temp. Fza. Máxima	°C	125	121	-3%	119	-5%
Fza. Máxima	N / 25 mm	3.0	2.8	-7%	2.7	-10%
Brillo	-	105	104	-1%	103	-2%
Transmisión Luminosa	-	85	84	-1%	84	-1%
Turbidez	-	8.4	9.5	13%	9.4	12%
Resist. Desgarre MD	gr	110	130	18%	140	27%
Resist. Desgarre TD	gr	160	680	325%	710	344%
Módulo Elástico MD ²	MPa	180	210	17%	230	28%
Módulo Elástico TD ²	MPa	240	280	17%	250	4%

Indica una ventaja obtenida con el cambio
 Indica un aspecto de desmejora a evaluar.

De la tabla se observa que los beneficios del cambio (menor espesor, menor TIS y TFMS, mayor rigidez y mayor resistencia al desgarre) compensan las desmejoras (mayor consumo energético y turbidez) que presenta el uso de las nuevas alternativas encontradas por el selector. Estas desmejoras pueden ser compensadas por un aumento de temperatura de procesamiento (hace que el material sea menos viscoso y por lo tanto, exija menor consumo energético; por otro lado, también hace que el brillo y la turbidez mejoren), la cual estará limitada por la estabilidad de la burbuja.

5 En resumen.

A través del ejemplo, se observa la potencialidad del selector: en unos pocos minutos una persona puede analizar los efectos de los cambios de mezcla (tanto de resina como de composición de la misma) y espesores de la película sobre las propiedades clave del producto final, no sólo aquellas que se buscan mejorar, sino los "efectos secundarios" que casi siempre surgen cuando se introducen estos cambios. Todas estas simulaciones permiten

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



minimizar la cantidad de material, esfuerzo humano y de máquina requeridos para optimizar las mezclas para aplicaciones de empaque automático e industrial.

6 Referencias.

Para mayor información, se pueden consultar las siguientes referencias:

1. Torres, A., Guastafarro, F.: Curso de mezclas de polímeros. Indesca, Venezuela, (2006).
2. Utracki, L.: Polymer Alloys and Blends: thermodynamics and rheology. Hanser. Munich, Alemania. (1989).
3. Manas-Zloczower, D & Tadmor, Z. Ed.: Mixing and compounding of polymers: theory and practice. Hanser. Munich, Alemania. (1994).
4. Matthews, G. Polymer Mixing Technology. Applied Science Publishers LTD. Essex, Inglaterra. (1982)
5. Witenhafer, D.: Curso "Principles of Polymer Blending and Alloying", ANTEC, (1999).
6. Guastafarro, F.: Curso "Introducción a los polímeros". Investigación y Desarrollo, C.A., (2004).
7. Olabiso, O.; Robeson, L.M. & Shaw, M.T.: Polymer – Polymer Miscibility. Academic Press Inc. New York. USA. (1979).
8. Guastafarro, F. Mezclas PEBD/PELBD para sacos industriales. Reporte Interno, Indesca, Venezuela (1994).
9. Guastafarro, F. Curso de Extrusión soplado de cuerpos huecos. Indesca, Venezuela (2004).
10. Torres, A., Méndez, F. Curso de Extrusión de película tubular. Indesca, Venezuela (2004).

Este boletín ha sido elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Polinter con el apoyo de los especialistas de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA). El mismo está dirigido a todos los clientes usuarios de las resinas Venelene® y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.

En caso de que desee hacemos llegar cualquier comentario o sugerencia, le agradecemos nos escriba a la siguiente dirección electrónica: info@polinter.com.ve o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas (CORAMER), con sucursales en Venezuela y Colombia (<http://www.coramer.com>)

BOLETÍN: SELECTOR DE MEZCLAS PARA EMPAQUE AUTOMÁTICO



La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y condiciones de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario.

Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.