

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



1 Introducción.

El proceso de extrusión de película tubular es una de las técnicas de transformación de polímeros más empleadas mundialmente. Tiene gran relevancia en el sector de producción de empaques para diversos productos en la industria alimenticia, medicinal e industrial en general, donde el PELBD y PEBD son los materiales más empleados.

Los fabricantes de empaques buscan priorizar la rentabilidad de sus productos, es decir, maximizar las propiedades mecánicas y la apariencia de las películas con los menores costos de producción posibles. Una de las vías para alcanzar estos objetivos es el uso de mezclas de dos o más polímeros, las cuales permiten satisfacer necesidades específicas, buscando un equilibrio entre las ventajas inherentes de cada componente de la mezcla y las variables del proceso de transformación que influyen sobre las propiedades del producto final.

La cantidad de materias primas disponibles para la elaboración de empaques flexibles es variada. En Venezuela, es posible seleccionar entre más de 9 resinas de polietileno Venelene® para obtener un balance apropiado en las propiedades finales del producto. Si a esto se le suma la posibilidad de añadir otras resinas o aditivos para modificar características particulares, los transformadores se encuentra ante el dilema de conocer si su mezcla y proceso son los más adecuados u óptimos para la aplicación. Además, como en todo proceso industrial, la obtención de las condiciones óptimas de procesamiento necesarias para cumplir los requerimientos específicos de la aplicación siempre involucra pérdida de material y horas de trabajo, y por lo tanto, impacta en los costos.

El propósito de este boletín técnico es mostrar al lector las ventajas del Predictor de Propiedades de Películas que POLINTER ha desarrollado para sus clientes, con el fin de facilitarles la tarea de seleccionar la mejor combinación de materiales y condiciones de procesamiento para la aplicación que desarrolla.

El Predictor de Propiedades de Películas es un software desarrollado para que el usuario pueda introducir las características de las resinas a mezclar (tipo y cantidad) y las condiciones de procesamiento; y como resultado obtenga la predicción de las propiedades finales de la película, empleando la metodología numérica de las redes neuronales con datos históricos de estudios realizados en los laboratorios de INDESCA. Esta herramienta le permite al cliente transformador reducir los tiempos de pruebas en planta (con el consecuente ahorro de materiales y horas persona) y experimentar las posibilidades de desarrollo de nuevas aplicaciones o mejora de los productos ya existentes.

2 ¿Cómo diseña una mezcla?

Antes de mostrar la bondades y la facilidad del uso del Predictor de Propiedades de Películas, es importante resaltar los pasos que deben seguirse a la hora de diseñar una mezcla, bien sea de manera formal o de forma intuitiva y casi inconsciente. La secuencia formal y documentada permite alcanzar optimizaciones desde un principio, lo cual brindará ahorros y/o mejor desempeño de los productos.

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. El Predictor de Propiedades de Película le permitirá cuantificar la calidad de la mezcla empleando los valores numéricos de propiedades obtenidos de ésta.
2. Seleccione las resinas con potencial para lograr el objetivo, 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 la herramienta 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).

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



6. Analice la mezcla seleccionada desde el punto de vista del procesamiento y la aplicación final. Hay aspectos, como la apariencia, que no pueden ser valorados con el predictor.
 - ¿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 la herramienta para estimar las propiedades de la película. Compare contra las propiedades deseadas de la resina (paso 1) y ajuste el espesor, concentraciones de los componentes de la mezcla o condiciones de procesamiento para optimizar las propiedades finales de la película.

3 Uso del Predictor de Propiedades de Película.

Esta herramienta se encuentra disponible en la página web de POLINTER, lo que la hace accesible

a todos sus clientes tanto a nivel nacional como internacional. Los usuarios deben seleccionar el botón mostrado en la Figura 1, que se encuentra en la sección de información técnica de los grados Venelene® para la fabricación de películas.



Figura 1. Botón para acceder al predictor.

Una vez seleccionado este enlace, se despliega en una nueva pestaña del explorador la pantalla de inicio del Predictor de Propiedades de Películas (ver Figura 2) donde se brindan las opciones para conocer las instrucciones de uso, las principales definiciones de la terminología usada y el botón "Calcular", que se utiliza para acceder a la sección donde se realizan las predicciones de las propiedades de las películas.



Figura 2. Pantalla de inicio del predictor de propiedades de películas.

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



En la pantalla que se despliega al seleccionar "Calcular", el usuario puede especificar de una forma gráfica y sencilla cada una de las condiciones de procesamiento y los materiales que desea utilizar para la fabricación de la película (ver Figura 3).

Los materiales y condiciones de procesamiento se encuentran distribuidos en cuatro secciones (Tolva, Burbuja, Extrusora y Cabezal), las cuales poseen valores por defecto que se pueden modificar de acuerdo a las necesidades.

TOLVA		(%)	BURBUJA	
Material 1:	Venelene 11PG1	20	ALE:	30 cm
Material 2:	Venelene FB7000	80	Ancho Layflat:	38 cm
Material 3:	Venelene FB3003	0	Espesor:	60 μ m

EXTRUSORA		CABEZAL	
Tasa de Producción:	30 Kg/h	Diámetro:	80 mm
Temperatura de masa:	180 $^{\circ}$ C	Abertura de la boquilla:	1,8 mm

Figura 3. Pantalla para la especificación de materiales y condiciones de procesamiento.

Una vez que se introducen todos los datos correctamente, se selecciona "Procesar". El sistema muestra una pantalla para validar estos datos, donde se debe presionar nuevamente el botón "Procesar" para obtener los resultados calculados por el predictor. Las propiedades de la película arrojadas por la herramienta se encuentran

divididas en dos tipos: propiedades mecánicas y de barrera; en la primera de ellas se encuentran los resultados de resistencia a la penetración, esfuerzo y deformación a la ruptura, y en las propiedades de barrera se muestran los valores de las tasas de transmisión de vapor de agua y oxígeno (ver Figura 4).

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



Predictor de Propiedades de Películas

1. Resultados de los Cálculos de la Película

Datos Calculados:

IF de la Mezcla (g/10min).....

Densidad de la Mezcla (g/cc).....

BUR.....

TUR.....

2. Propiedades de la Película

Propiedades Mecánicas	Propiedades de Barrera
Esfuerzo de Ruptura MD (MPa)..... <input type="text" value="23"/>	WVTR (g/m2/dia)..... <input type="text" value="6,6"/>
Esfuerzo de Ruptura TD (MPa)..... <input type="text" value="17"/>	OTR (g/m2/dia)..... <input type="text" value="3,088"/>
Deformación de Ruptura MD (%)..... <input type="text" value="309"/>	
Deformación de Ruptura TD (%)..... <input type="text" value="434"/>	
Resistencia a la Penetración (g-f)..... <input type="text" value="1,043"/>	

Figura 4. Hoja de resultados.

4 Ejemplo de uso del Predictor de Propiedades de Películas.

A continuación se presenta un caso hipotético para ilustrar los beneficios del uso del Predictor de Propiedades de Películas.

Un transformador procesa una mezcla de PEBD Venelene® FB7000 (70%) con PELBD Venelene® 11PG1 (30%), para fabricar películas usadas como bolsas de arena con un espesor de 90 µm. El mismo emplea un perfil de temperaturas de procesamiento que va desde 150 a 170 °C, obteniendo una temperatura de fundido de 180 °C. El ancho de 47 cm y una tasa de producción de 40 kg/h. Además, emplea un equipo que posee una boquilla de 80 mm de diámetro con una abertura de 1,8 mm, que puede ser intercambiada por una boquilla

de 80 mm de diámetro con una abertura de 1,2 mm, en caso de resultar necesario. Este desea aumentar las propiedades mecánicas en tensión de sus bolsas dado que ha recibido quejas de sus clientes por fallas de ruptura presentadas durante su manipulación y, al mismo tiempo, disminuir sus costos de producción a través de la reducción del espesor de sus películas en un 10%. Esto hace que tanto las propiedades en tensión a la ruptura (esfuerzo y deformación) como la resistencia a la penetración sean esenciales para evitar la fuga del producto contenido y garantizar la conformidad de sus clientes. De esta forma, bajo las condiciones descritas, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 1 utilizando el Predictor de Propiedades de Película.

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



Tabla 1. Propiedades de las bolsas para arena (70% FB7000 + 30% 11PG1, 90 μm).

Propiedades mecánicas	
Esfuerzo de ruptura MD (MPa)	18
Esfuerzo de ruptura TD (MPa)	24
Deformación de ruptura MD (%)	481
Deformación de ruptura TD (%)	595
Resistencia a la penetración (g-f)	1.316

El primer paso que pudiese realizar el transformador es estudiar el efecto que tendría una reducción de espesor de 90 a 80 μm sobre el desempeño de la película, sin alterar la formulación usada, y determinar si ésta tiene un cambio significativo en las propiedades finales. Así, haciendo uso del Predictor de Propiedades se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 2, donde se observa una caída en tres de las propiedades esenciales para la aplicación: esfuerzo TD, deformación MD y resistencia a la penetración. Este resultado, resultaría poco satisfactorio para el transformador, quien desea aumentar las propiedades en tensión de la película sin desfavorecer la penetración.

Tabla 2. Propiedades del empaque para arena (70% FB7000 + 30% 11PG1, 80 μm).

Propiedades mecánicas	
Esfuerzo de ruptura MD (MPa)	19
Esfuerzo de ruptura TD (MPa)	23
Deformación de ruptura MD (%)	458
Deformación de ruptura TD (%)	595
Resistencia a la penetración (g-f)	1.237

Para mejorar las propiedades en tensión y dar lugar a la reducción de espesores de manera satisfactoria, la opción que se examina es la de variar la proporción de PELBD en la mezcla. En este sentido, aprovechando las ventajas que brinda la herramienta de hacer iteraciones sin incurrir en desperdicio de materia prima en pruebas industriales, se evalúa el comportamiento de una película con 80 μm y un cambio en las proporciones de PEBD y PELBD empleadas inicialmente bajo las

mismas condiciones de procesamiento. El desempeño observado (ver Tabla 3) indica que pese a la reducción de espesores, al incrementar a 70% el contenido de PELBD se logra aumentar las propiedades mecánicas en tensión del empaque, sin embargo, se ve afectada la resistencia a la penetración de la película con respecto a la bolsa inicial con 90 μm de espesor, por lo que esta opción aun no luce del todo atractiva.

Tabla 3. Propiedades del empaque para arena (30% FB7000 + 70% 11PG1, 80 μm).

Propiedades mecánicas	
Esfuerzo de ruptura MD (MPa)	26
Esfuerzo de ruptura TD (MPa)	25
Deformación de ruptura MD (%)	619
Deformación de ruptura TD (%)	780
Resistencia a la penetración (g-f)	1.267

Con el fin de analizar alternativas que favorezcan la resistencia a la penetración, se plantea entonces el uso de la boquilla de 80 mm de diámetro y 1,2 mm de abertura, para equilibrar la orientación molecular en película. De esta forma, previo a realizar el cambio de la boquilla de la máquina, se evalúa esta opción en el Predictor de Propiedades de Películas, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 4. Los valores alcanzados resultan favorables, dado que permiten aumentar todas las propiedades mecánicas de la bolsa con un menor espesor.

Tabla 4. Propiedades del empaque para arena (30% FB7000 + 70% 11PG1, 80 μm y abertura de boquilla de 1,2 mm).



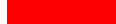
Propiedades mecánicas	
Esfuerzo de ruptura MD (MPa)	32
Esfuerzo de ruptura TD (MPa)	27
Deformación de ruptura MD (%)	538
Deformación de ruptura TD (%)	1049
Resistencia a la penetración (g-f)	1.555

BOLETÍN: VENTAJAS DEL USO DEL PREDICTOR DE PROPIEDADES DE PELÍCULAS



Tabla 5. Resumen de resultados proporcionados por el Predictor de Propiedades.

	Unidades	Original	Caso 1	Diferencia	Caso 2	Diferencia	Caso 3	Diferencia
% de PEBD	-	70	70	-	30	-	30	-
% de PELBD	-	30	30	-	70	-	70	-
Tasa de producción	kg/h	40	40	-	40	-	40	-
Diámetro de la boquilla	mm	80	80	-	80	-	80	-
Abertura de la boquilla	mm	1.8	1.8	-	1.8	-	1.2	-
Espesor	µm	90	80	-11%	80	-11%	80	-11%
Esfuerzo de ruptura MD	MPa	18	19	6%	26	44%	32	78%
Esfuerzo de ruptura TD	MPa	24	23	-4%	25	4%	27	13%
Deformación de ruptura MD	%	481	458	-5%	619	29%	538	12%
Deformación de ruptura TD	%	595	595	0%	780	31%	1049	76%
Resistencia a la penetración	gr	1316	1237	-6%	1267	-4%	1555	18%

 Indica una ventaja obtenida con el cambio
 Indica que no hubo ventaja ni desventaja con el cambio
 Indica una desventaja obtenida con el cambio

En la Tabla 5 se observan los beneficios del cambio (menor espesor, mayores propiedades mecánicas) que presenta una nueva alternativa encontrada para este transformador haciendo uso del Predictor de Propiedades y resalta la facilidad que puede brindarle a todos los clientes de POLINTER el uso de esta herramienta para la optimización de sus productos.

5 Conclusiones.

El Predictor de Propiedades de Películas permite analizar de forma rápida los efectos de los cambios de resina, espesores y condiciones de procesamiento sobre las propiedades del producto final. Todas estas predicciones permiten minimizar la cantidad de materia prima, esfuerzo humano y de máquina requeridos para optimizar las películas fabricadas por los diversos clientes de POLINTER con los productos Venelene®.

6 Referencias.

Para mayor información, se pueden consultar las siguientes referencias:

1. Torres, A., Guastaferro, F: Curso de mezclas de polímeros. Indesca, Venezuela, (2006)
2. Guastaferro, F.: Curso "Introducción a los polímeros". Investigación y Desarrollo, C.A., (2004).
3. Guastaferro, F. Mezclas PEBD/PELBD para sacos industriales. Reporte Interno, Indesca, Venezuela (1994).
4. Torres, A., Méndez, F. Curso de Extrusión de película tubular. Indesca, Venezuela (2004).
5. Fuenmayor, J. Predictor de Propiedades de películas. Reporte interno, Indesca, Venezuela (2017).

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), en Caracas – Venezuela, en enero de 2018.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos nos escriba a la dirección electrónica: info@polinter.com.ve, a la cual pueden acceder a través de nuestra página web www.polinter.com.ve o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).

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 Polietileno Venelene®.