



Posibilitar la circularidad de las películas flexibles: desde una solución de empaque de barrera de PE completamente reciclable\* hasta un saco de trabajo pesado y de alta gama.



Reciclable\*, e incorpora contenido reciclado



Excelente barrera al oxígeno



Ópticas excepcionales



Alta integridad del empaque

## Reto:

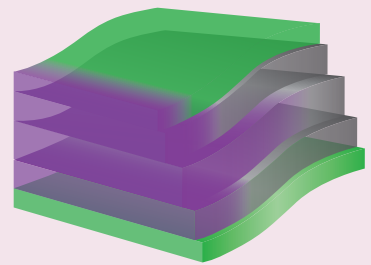
Crear un SUP de alta barrera al oxígeno con > 95% PE, como alternativa a los laminados multi-materiales de alta barrera al oxígeno más difíciles de reciclar, que pueda ser reciclado y transformado en una película plástica de alta gama. Creando un cierre circular de película a película.



### Película de PE MDO

Espesor: 25 µm

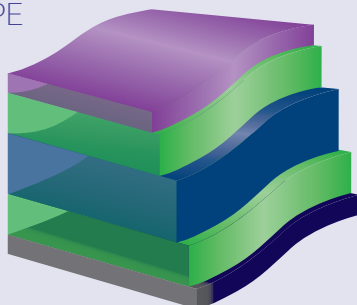
- Exceed XP 8656ML
- Enable 4002MC
- Enable 2705MC
- HDPE ExxonMobil



### Película sellante de PE

Espesor: 120 µm

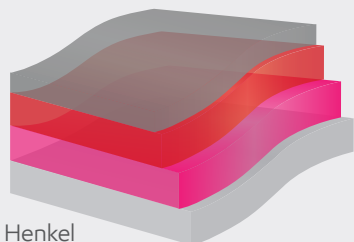
- Exceed XP 8784ML
- Enable 4009MC
- Exceed S 9243ML
- Exact 3237
- LDPE ExxonMobil



### Capa de laminación y recubrimiento de barrera

Peso base: 5,4 gramos por metro cuadrado

- Revestimiento al vacío con AlOx
- Revestimiento superior de Henkel
- Tinta de impresión
- Adhesivo de poliuretano Henkel



\*Reciclable en comunidades con programas e instalaciones de recogida y reciclaje de película plástica

# Solución:

## Creando el pouch:

Usando los más avanzados polímeros y lo último en tecnología de conversión y mediante una excepcional colaboración a través de la cadena de valor, el equipo fue capaz de crear un pouch, hecho de un 96% (por peso) de polietileno, con alta barrera al oxígeno y una excelente integridad de empaque.

Esta película soplada se fabricó con las mejores resinas de polietileno de alto desempeño de ExxonMobil, como Exceed S, Exceed XP y Exact, en una línea de producción Alpine de 5 capas con orientación en dirección de la máquina [MDO] en línea. Esta tecnología MDO de última generación ofrece una película de calidad con procesabilidad excepcional y planitud optimizada.

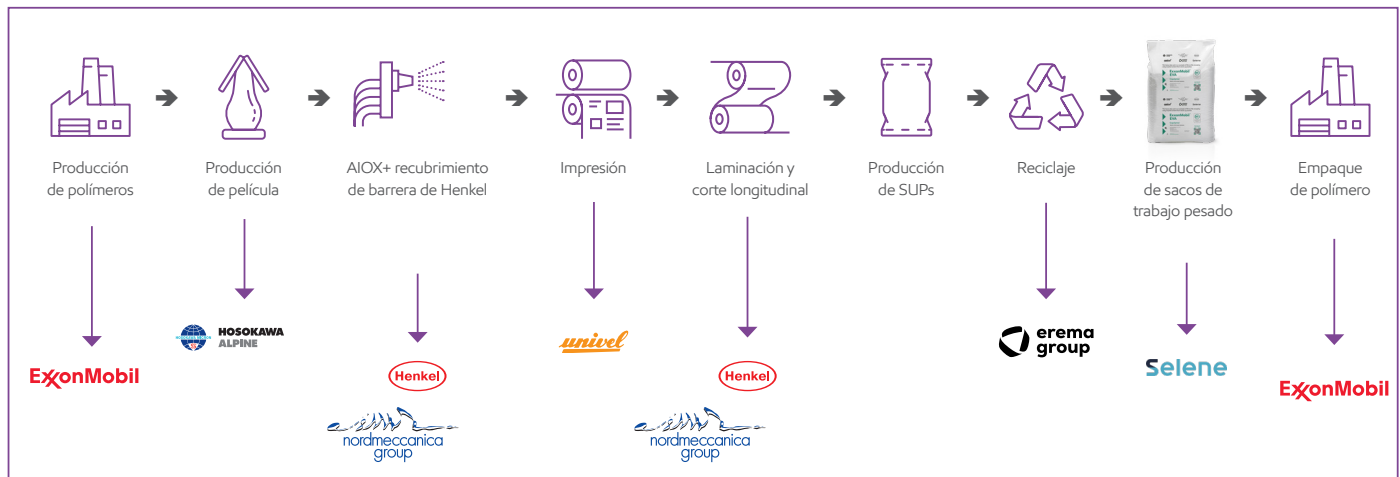
Luego se aplicaron dos capas funcionales extremadamente delgadas sobre el PE MDO para conseguir propiedades de barrera sobresalientes: la primera capa consistió en 10 nanómetros de óxido de aluminio uniforme y homogéneo [AlOx] y la segunda capa en 1 micra del recientemente desarrollado recubrimiento de barrera de Henkel. Ambas capas funcionales se aplicaron utilizando las tecnologías de

vacío y recubrimiento de Nordmeccanica [Nordmet 12F Plus / Super Combi 5000]. Estas tecnologías ofrecen un desempeño líder en la industria en términos de confiabilidad, aplicación uniforme, control del espesor y consumo de energía.

Posteriormente, la película se imprimió utilizando un proceso Flexo estándar de Univel, apalancado en la experiencia de 75 años de soluciones innovadoras para empaques flexibles.

En el siguiente paso, el PE MDO se laminó con la película sellante en una máquina de recubrimiento-laminación Nordmeccanica SC 5000 utilizando los adhesivos reciclables personalizados SL de Henkel.

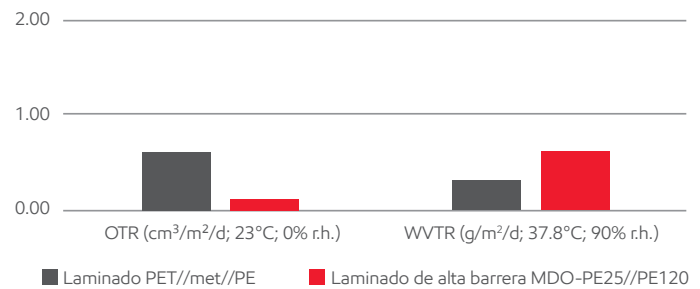
Adicionalmente, los SUP usados fueron reprocesados por EREMA, empresa líder mundial en tecnología de sistemas de reciclaje de plásticos. EREMA utilizó su sistema de extrusión INTAREMA® TVEplus® para producir gránulos de plástico. Con estos materiales reciclados, Selene, con su extensa experiencia en extrusión por soplado y manejo de reciclados, fabricó película tubular para formar, llenar y sellar (FFS) de alta calidad para sacos de trabajo pesado (HDS). Estos sacos se llenaron posteriormente con resina EVA en la fábrica de PE de Meerhout.



## Propiedades de barrera:

Este SUP incorpora el concepto innovador de AlOx y recubrimientos superiores húmedos, para producir una bolsa con alto contenido de PE (del 96%), mientras que sigue proporcionando una baja tasa de transmisión de oxígeno (OTR), de  $\sim 0.14 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{d}$  y una tasa de transmisión del vapor de agua (WVTR) de  $\sim 0.6 \text{ g}/\text{m}^2/\text{d}$  comparable con estructuras multi-material, como puede verse en el gráfico 1.

Gráfico 1: barrera\* de la bolsa contra el oxígeno y la humedad

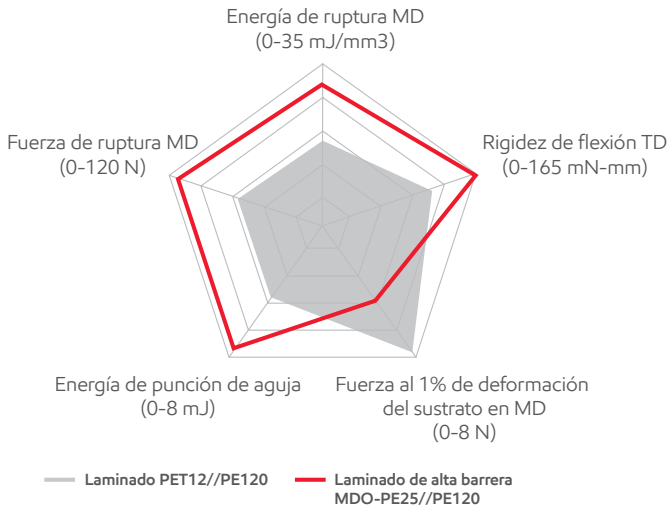


\*Todos los valores de barreras deben considerarse como referencia pues pueden depender en gran medida de varios parámetros y condiciones de prueba

### Propiedades mecánicas:

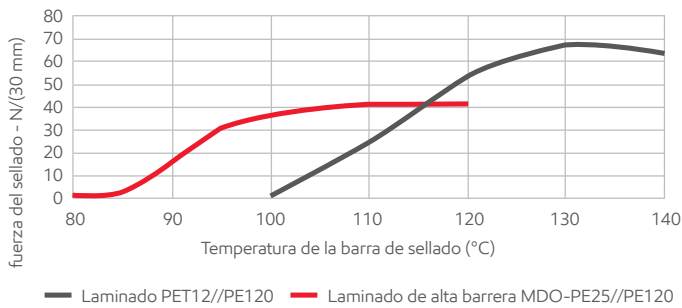
Este SUP incorpora la resina más avanzada de PE Exceed S para entregar una integridad de empaque excepcional, resultando en una mejora de 70% en energía de punción con aguja y fuerza de rotura versus otras opciones multi-material comparables, a la vez que mantiene una rigidez comparable para mantener la capacidad de exhibición vertical. Estos resultados se cuantifican en el gráfico 2.

Gráfico 2: Propiedades mecánicas del SUP.



Además, el SUP cuenta los plastómeros de la serie 3 de Exact para bajar la temperatura de iniciación del sellado en aproximadamente 15° C, como se puede ver en el gráfico 3.

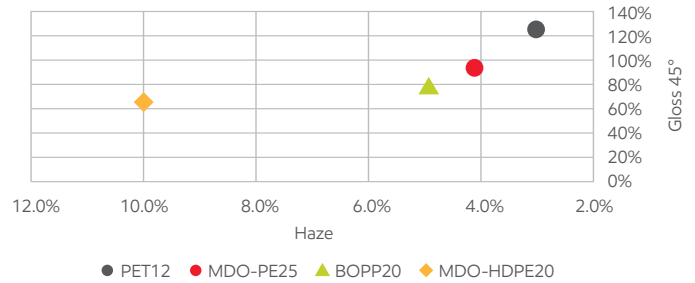
Gráfico 3: fuerza de sellado de la bolsa



### Propiedades ópticas:

El sustrato de MDO no afecta al atractivo del empaque, el cual tiene un brillo excepcional (~100%) y baja opacidad (~4%), rivalizando con el mejor sustrato PET posible, como se puede ver en el gráfico 4.

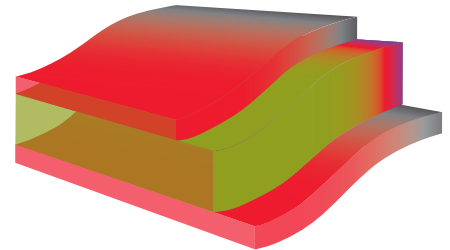
Gráfico 4: Propiedades ópticas del sustrato MDO



### Creando el saco de trabajo pesado:

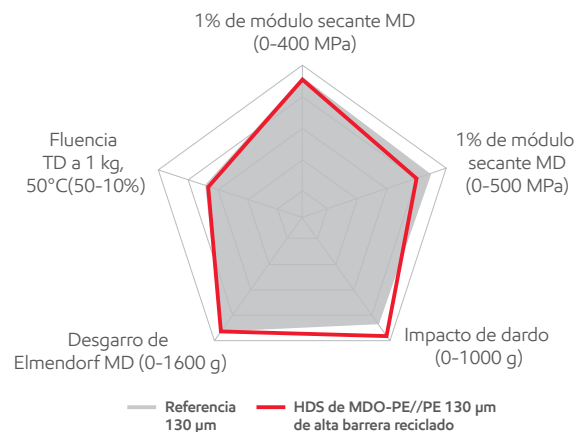
#### Película para saco de trabajo pesado de 130 micrones

- Exceed 1018
- Exceed 1012
- Exceed XP 8318
- HDPE ExxonMobil
- Contenido reciclado



El SUP de alta barrera se recicló posteriormente y se produjo una nueva película para sacos de trabajo pesado que incluía un 50% de contenido de SUP reciclado en la estructura de la película. El resultado final es una bolsa HDS que, gracias al uso de PE de ExxonMobil, cumple y en algunos casos supera el desempeño de las bolsas de referencia de la industria. El gráfico 5 muestra que las propiedades clave, como la fluencia y la resistencia al dardo y el rasgado, de la bolsa HDS con un 50% de contenido reciclado tiene un desempeño comparable al de las bolsas HDS actualmente en uso en las instalaciones de producción de PE de ExxonMobil en Meerhout. Además, la tabla 1 muestra el excelente desempeño de caída de bolsa. Los sacos HDS que incorporan un 50% de contenido reciclado cumplen con la especificación de la planta ExxonMobil\* e incluso superan las expectativas del método más exigente de escalera ExxonMobil.

Gráfico 5: Propiedades mecánicas de los sacos HDS



\* Especificación de la planta de ExxonMobil: Las bolsas FFS deben pasar la siguiente prueba de caída de bolsa: 18 bolsas se toman al azar y se dejan caer desde 2 m de altura. 6 bolsas se dejan caer de cara, 6 bolsas se dejan caer de costado y 6 bolsas se dejan caer por la parte superior.

**Tabla 1: Mediciones de caída de bolsas**

Altura de caída	Posición de caída	bolsa 1	bolsa 2	bolsa 3	bolsa 4
1 m	P (lado plano)	Superada	Superada	Superada	Superada
	S (zona del sello)	Superada	Superada	Superada	Superada
	R (zona del refuerzo)	Superada	Superada	Superada	Superada
2 m	P	Superada	Superada	Superada	Superada
	S	Superada	Superada	Superada	Superada
	R	Superada	Superada	Superada	Superada
3 m	P	Superada	Superada	Superada	Superada
	S	Superada	Superada	Superada	Superada
	R	Superada	Superada	Superada	Superada
4 m	P	Superada	Superada	Superada	Superada
	S	Superada	Superada	Superada	Superada
	R	Superada	Superada	Superada	Superada
5 m	P	Superada	Superada	Superada	Superada
	S	Superada	Superada	Superada	Superada
	R	Superada	Superada	Superada	No superada
6 m	P	Superada	Superada	Superada	
	S	Superada	No superada	Superada	
	R	No superada		Superada	

En resumen, esta colaboración única a lo largo de la cadena de valor ha demostrado que es posible crear un SUP, con más de un 95% de PE (sin comprometer la funcionalidad ni el atractivo de exhibición), y que se puede reciclar en una bolsa HDS de alta calidad que supera los requisitos más estrictos.

Método de prueba de escalera de ExxonMobil: cada bolsa se deja caer desde la misma altura (1 m) en 3 posiciones de caída diferentes (por el lado plano/lado sellado/refuerzo). Si la bolsa resiste las caídas, la misma bolsa se deja caer desde una altura aumentada (2 m) en 3 posiciones de caída diferentes. Si la bolsa resiste, la altura se incrementa nuevamente (3 m, etc.), y, así, hasta que la bolsa falle. 6 m de altura es la altura máxima disponible en la maquinaria de ensayo de caída de bolsas de ExxonMobil.

Parámetro sometido a ensayo	Método de prueba
Tasa de transmisión del oxígeno (OTR)	Método de prueba de ExxonMobil
Tasa de transmisión del vapor de agua (WVTR)	Método de prueba de ExxonMobil
Propiedades de tracción de la película a temperatura ambiente	Método de prueba de ExxonMobil
Resistencia de punción tras impacto por caída a punción tras caída libre: método A y B	Según ASTM D-1709-16ae1
Punción: prueba con aguja	Método de prueba de ExxonMobil
Resistencia del termosellado a temperatura ambiente	Método de prueba de ExxonMobil
Prueba de caída de bolsa	Método de prueba de ExxonMobil
Rigidez de flexión	Método de prueba de ExxonMobil
Opacidad	Según ASTM D-1003-13
Brillo a 45°	Método de prueba de ExxonMobil
Resistencia al desgarro Elmendorf	Según ASTM D1922
Resistencia a la fluencia a temperatura elevada	Método de prueba de ExxonMobil



**HOSOKAWA  
ALPINE**



**Selene**