

# Por qué la retención de aire de los neumáticos importa ahora más que nunca

Sujith Nair, Ph.D., desarrollador sénior de mercado, Marketing global, ExxonMobil  
Chemical Sunny Jacob, Ph.D., investigador asociado sénior, ExxonMobil Chemical



# Por qué la retención de aire de los neumáticos importa ahora más que nunca

Sujith Nair, Ph.D., desarrollador sénior de mercado, Marketing global, ExxonMobil Chemical Sunny Jacob, Ph.D., investigador asociado sénior, ExxonMobil Chemical

En un incidente reciente, un semirremolque cruzó al carril opuesto y se estrelló de frente contra un autobús en la interestatal 40 en Nuevo México.<sup>1</sup> Siete pasajeros del autobús perdieron la vida. Las autoridades creen que los neumáticos de dirección reventados causaron el accidente y en las imágenes de las cámaras de las noticias, el presunto neumático de dirección muestra signos de insuficiencia de inflado antes de que explotara. Según un experto de la industria, la pérdida de aire progresiva causa el 80 % de neumáticos reventados. Solo 5 psi de menos presión de aire en un neumático de dirección puede desviar a un camión y evitar que llegue a su destino de forma segura para terminar en un desastre trágico.<sup>1,2</sup>

A medida que entramos en una nueva fase de movilidad, liderada por la creciente presencia de vehículos eléctricos, que plantean mayores demandas en cuanto a neumáticos debido a su mayor peso y par de torsión instantáneo, el inflado adecuado se vuelve aún más crítico. Desafortunadamente, la mayoría de los consumidores piensan que la presión de los neumáticos permanece constante y que los neumáticos radiales son a prueba de fugas. La verdad es que pierden aire continuamente. El porcentaje de aire perdido por un neumático en un mes se conoce como índice de pérdida de presión de inflado (IPLR). El IPLR promedio mensual es del 2.4 %.<sup>3</sup> En condiciones dinámicas continuas en carretera, es el doble de esa cantidad.<sup>4</sup> Eso es 42 % aire perdido en un año. ¿Ve el problema?

## El inflado de los neumáticos afecta el desempeño

Los riesgos de seguridad de los neumáticos con insuficiencia de inflado son claros. La insuficiencia de inflado puede conducir a una mala eficiencia de combustible, un manejo lento, distancias de frenado más largas, un alto desgaste desigual de los neumáticos, un aumento de las tensiones de los componentes dentro del neumático y la consiguiente acumulación de calor.<sup>5</sup> Esta acumulación puede hacer que el neumático falle prematuramente o incluso catastróficamente (tal como separación de la correa o reventón). Un estudio realizado por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA, por sus siglas en) de Estados Unidos reveló que el 16 % de los choques relacionados con los neumáticos se debieron a neumáticos con insuficiencia de inflado en un 10 % o más.<sup>6</sup>

Ver más allá de la seguridad, considerar el desempeño. La industria de los neumáticos gasta miles de millones de dólares cada año en investigación y desarrollo para cumplir o superar las crecientes expectativas regulatorias y de desempeño de los neumáticos con respecto a la eficiencia del combustible, la tracción, el frenado, el ruido, la comodidad, el kilometraje, la durabilidad, el desgaste y la resistencia a astillas o fragmentos. Sin embargo, el efecto de todas estas mejoras se puede realizar de una manera significativa solo si el neumático conserva toda su presión de inflado recomendada.

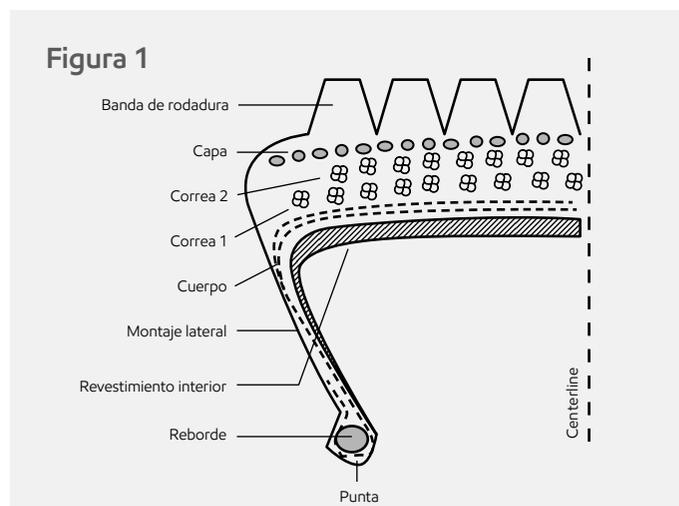
El problema de la insuficiencia de inflado está empeorando debido a los intervalos de servicio extendidos causados por los avances en las tecnologías de motores y lubricantes sintéticos. Cuanto más tiempo dejamos sin hacer servicio a nuestros vehículos, más tiempo dejamos sin controlar la presión de los neumáticos. Con los cambios radicales en la movilidad que se están produciendo ahora (y muchos más en el futuro), necesitamos más que nunca, neumáticos sin mantenimiento con las tasas de pérdida de aire más bajas posibles.

## Búsqueda de soluciones

La retención de aire se rige principalmente por la delgada capa más interna del neumático, a menudo denominada "revestimiento interior de goma".<sup>7</sup> Para diseñar eficazmente neumáticos con bajas tasas de pérdida de aire, debemos considerar los tres factores principales que afectan la retención de aire:<sup>7</sup>

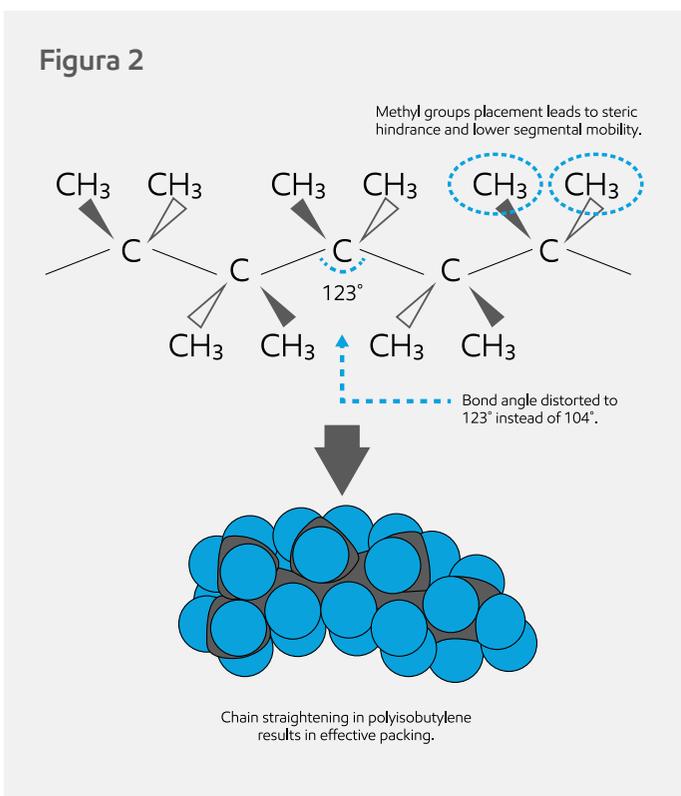
1. Permeabilidad compuesta del revestimiento interior de goma
2. Espesor del revestimiento interior de goma
3. Extremo del revestimiento interior de goma

La permeabilidad es la velocidad a la que pasan las moléculas a través de un material a una presión y temperatura dadas. La baja permeabilidad del revestimiento interior de goma, el alto grosor del revestimiento interior de goma y la baja distancia del extremo a la punta del revestimiento interior de goma conducirán a una mejor retención del aire. Estudios realizados por ExxonMobil muestran que el mayor contribuyente a la reducción de la pérdida de aire es la permeabilidad. Aunque la disminución de la distancia del extremo a la punta del revestimiento interior de goma en un 50 % (de 20 mm a 10 mm) mejora el IPLR en un 10 %, la reducción del coeficiente de permeabilidad en un 40 % mejora el IPLR en un 30 % (Figura 1).<sup>7</sup>



Para hacer los revestimientos interiores de goma de los neumáticos, los cauchos con baja permeabilidad tienen que estar compuestas con otros ingredientes para brindar resistencia y procesabilidad, y para permitir el reticulado. El tipo y la cantidad de estos ingredientes afectan directamente la permeabilidad. Durante las últimas seis décadas, el polímero de elección para los revestimientos interiores de goma ha sido elastómeros halogenados de isobutileno-isopreno (halobutilo), específicamente bromobutilo y clorobutilo. Casi todas las demás capas (carcasa, correas, montajes laterales, superposiciones, sub-banda de rodadura y la banda de rodadura) utilizan caucho natural (NR), caucho de estireno butadieno (SBR), caucho de butadieno (BR) o una combinación de estos polímeros. Todos estos ingredientes tienen una permeabilidad mucho mayor que los polímeros de halobutilo (caucho butílico).

La contribución de estas otras capas a la retención de aire de los neumáticos es casi insignificante porque el caucho natural y los cauchos de estireno-butadieno tienen uniones de carbono-carbono a  $109^\circ$  (el ángulo de unión tetraédrico clásico).<sup>8</sup> En butil, el ángulo se estira a  $123^\circ$  debido a la colocación de los grupos de metilo, lo que conduce a una menor movilidad segmentaria. Cuanto más cerca esté el ángulo entre los carbonos de  $180^\circ$ , más plano será. De esta manera, permite el empaque de más cadenas de polímero y las moléculas de oxígeno tendrán que luchar más para escapar (**Figure 2**).



La alta densidad de empaque de las cadenas de isobutileno permite una permeabilidad ultrabaja. Sin embargo, si el polímero consiste solo de isobutileno, entonces no se puede reticular en un caucho duro. La presencia de cantidades de isopreno bajas en la cadena principal permite la reticulación a otros elastómeros insaturados y a sí mismo (es decir, se puede curar). La sustitución de halógenos (como el bromo o el cloro) mejora la unión al interior de la capa de la carcasa de los neumáticos, lo que facilita la fabricación de neumáticos radiales sin cámara.

En los compuestos de revestimiento interior de goma, los rellenos (negros de carbón) se utilizan para representar la resistencia y la procesabilidad. Resinas, agentes de pegajosidad y polímeros secundarios (como el caucho natural) se utilizan para lograr la viscosidad adecuada, mejorar la procesabilidad y proporcionar suficiente tack verde y una buena adherencia a las capas adyacentes. Se usan pequeñas cantidades de arcilla para mejorar las características de la barrera y la tack verde. Se usan agentes de curado (óxido de zinc, azufre ácido esteárico y aceleradores) para lograr la densidad de reticulado deseada en un marco de tiempo deseado.

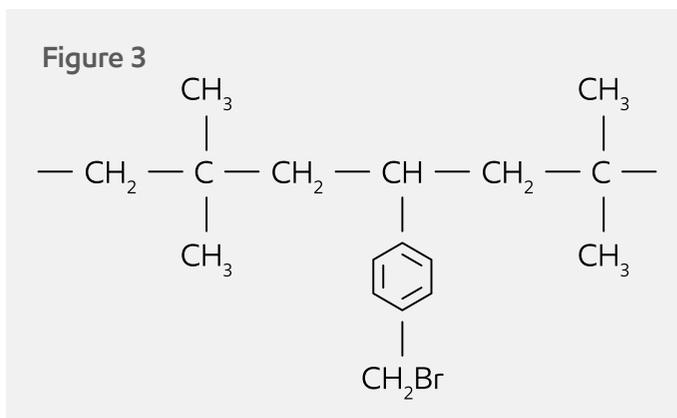
En términos generales, la permeabilidad se reduce al minimizar los materiales de peso molecular bajo, como los aceites, y al eliminar los polímeros secundarios, como el caucho natural. Sin embargo, estas modificaciones socavan la procesabilidad y la productividad y los fabricantes deben encontrar el equilibrio adecuado. Si se han alcanzado los límites de estos ingredientes, entonces la única manera de reducir aún más la pérdida de aire es al usar un polímero con menor permeabilidad.

También vale la pena tomar en cuenta que los neumáticos funcionan en caliente. Debido a la insaturación en la cadena principal molecular (es decir, uniones dobles carbono-carbono, desde el isopreno en la cadena principal), los polímeros de halobutilo (caucho butílico) son propensos a la oxidación a través del calor y el ozono (a través de la escisión de las uniones dobles). Esta tendencia puede conducir a problemas de agrietamiento y división del revestimiento interior de goma durante las condiciones de funcionamiento. Por lo tanto, sería valioso tener un nuevo polímero, no solo con una permeabilidad intrínsecamente menor que el halobutilo (caucho butílico), sino que además contenga una cadena principal totalmente saturada.

## Mejora de la permeabilidad

ExxonMobil ha desarrollado una clase de elastómeros especiales totalmente saturados mediante la polimerización carbocatiónica de isobutileno y parametilestireno (pMS) seguida de halogenación, eliminando así el isopreno por completo. Estos elastómeros fueron conocidos como isobutileno-co-parametilestireno bromado (BIMSM) y han sido comercializados bajo el nombre comercial de Elastómeros de especialidad Expro™ (**Figure 3**).<sup>7</sup>

El elastómero especial Expro tiene varias ventajas sobre los polímeros de halobutilo (caucho butílico), incluyendo una cadena principal totalmente saturada, que permite una estabilidad química y oxidación excepcional. El elastómero también ha aumentado la rigidez de la cadena y una mejor densidad de empaque con grupos de bromuro bencílico en la cadena. Esta estructura crea una ruta



mucho más tortuosa para las moléculas de oxígeno, lo que permite una permeabilidad mucho menor que los polímeros de halobutilo (caucho butílico). Dado que la reticulación se produce a través de la sustitución de los grupos de bromuro bencílico, estos sistemas pueden curarse sin azufre.<sup>9</sup>

El elastómero especial Exxpro™ se utiliza en muchas aplicaciones industriales, incluyendo tapones farmacéuticos, membranas de curado, envolturas, tubos interiores resistentes a altas temperaturas, mangueras (cubiertas y tubos), adhesivos y algunos componentes de caucho industrial.<sup>10</sup> Sin embargo, el uso de Exxpro en revestimientos interiores de goma ha sido muy limitado por varias razones. Dado que Exxpro fue desarrollado inicialmente para resistencia de altas temperaturas, el foco no estaba en la permeabilidad. Para que Exxpro ofreciera un cambio radical en el desempeño de revestimiento interior de goma, se debía reducir su permeabilidad significativamente y, por lo tanto, aumentar su contenido, lo que tuvo un impacto en ingeniería, fabricación y acabado.

La viscosidad de los grados Exxpro comercializados era más alta que las utilizadas generalmente para aplicaciones de revestimiento interior de goma. Esta mayor viscosidad añadió complejidad a la fabricación continua (debido a la adherencia y aglomeración). Fue necesario hacer varias modificaciones de procesos e ingeniería para lograr el equilibrio deseado entre la mejora de la permeabilidad y viscosidad. Después de cinco ensayos industriales y cerca de mil formulaciones, se logró la formulación correcta con una viscosidad baja que simplifica el proceso de revestimiento interior de goma. Se llama Exxpro™ 3563.

## Elastómero especializado 3563 de Exxpro<sup>7</sup>

Los beneficios de este elastómero especial como material de revestimiento interior de goma son evidentes por sus características compuestas. Al compararlo con bromobutilo, es necesario considerar tres aspectos principales: **procesabilidad, consistencia y desempeño.**

**Procesabilidad.** Para esta comparación, se evaluaron dos indicadores compuestos principales: resistencia verde y contracción. La resistencia verde es una medida de la fuerza requerida para estirar el compuesto no curado (aún no reticulado) a una cierta longitud. Para una buena procesabilidad, se espera que los compuestos del revestimiento interior de goma tengan la mayor resistencia verde, lo que indica una mejor resistencia al estiramiento y aplicación en el tambor de construcción de neumáticos. Exxpro 3563 muestra ~30 % más de resistencia verde que el bromobutilo (**Figura 4a**). Cuando el revestimiento interior de goma se calandra o se extruye para formar una hoja, tiende a retractarse en la dirección de la máquina, lo que afecta su estabilidad dimensional. Exxpro 3563 demostró aproximadamente un tercio de menor contracción que el bromobutilo (**Figura 4b**).

**Consistencia.** Las técnicas avanzadas de imágenes (en este caso, microscopia de resistencia atómica bimodal) fueron utilizadas para estudiar la distribución del relleno negro de carbón en sistemas del revestimiento interior de goma. Exxpro 3563 dio lugar a una dispersión mucho mejor y tamaños más pequeños de partículas de negro de carbón que el bromobutilo (**Figura 5**), lo que indica una mejor consistencia y que es un indicador de una mejor calidad y uniformidad del producto.

Figura 4a

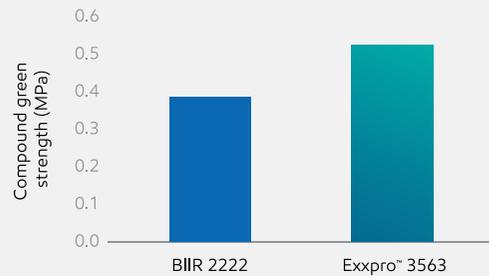


Figura 4b

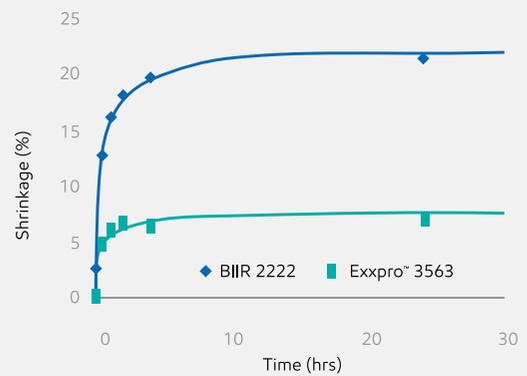
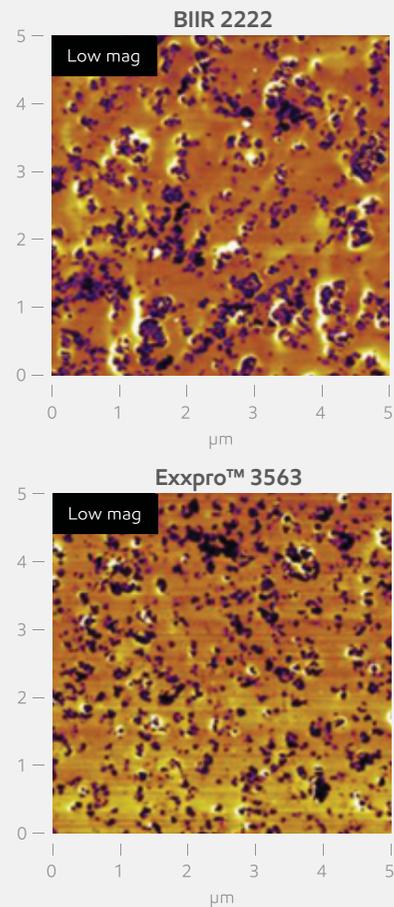


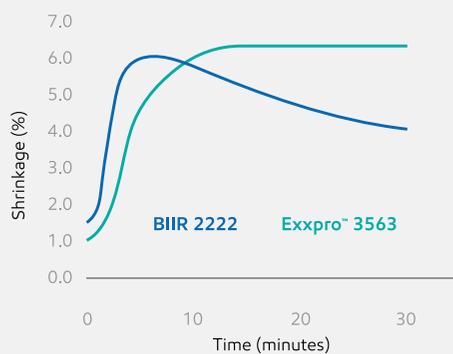
Figura 5



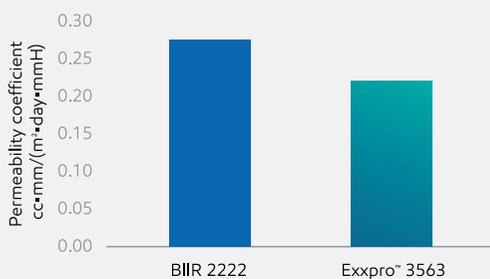
**Desempeño.** Cuando los compuestos del revestimiento interior de goma se calientan durante largos períodos de tiempo (después del curado), la escisión de las uniones dobles hace que los polímeros de halobutilo (caucho butílico) se degraden (conocido como reversión). Aunque el bromobutilo muestra cierta reversión, Exxpro™ 3563 no muestra ninguna (**Figura 6a**).

La permeabilidad de los compuestos Exxpro 3563 es ~20-30 % menor que el bromobutilo (**Figura 6b**). Los neumáticos con revestimientos interiores de goma basados en Exxpro mostraron un índice de pérdida de presión de inflado (IPLR) general 15 % más bajo (**Figura 7**), lo que llevó a una menor acumulación de presión en el área de la carcasa. En los neumáticos con sistemas de revestimiento interior de goma superiores, menos moléculas de oxígeno penetran a través de los revestimientos interiores de goma en las regiones del borde de la correa. En otras palabras, el caucho alrededor de los bordes de la correa se oxida menos, lo que reduce el agrietamiento del borde de la correa, lo que conduce a una mayor vida útil de los neumáticos y una mayor seguridad.

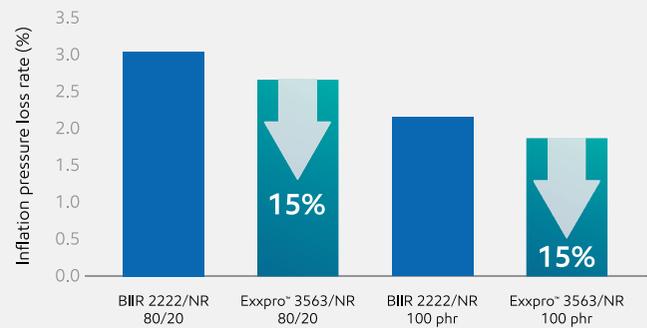
**Figura 6a**



**Figura 6b**



**Figura 7**



## Conclusión

Las encuestas internas de ExxonMobil han demostrado que los consumidores normalmente no dan un buen mantenimiento a sus neumáticos. Para ayudar a mitigar las lesiones personales o incluso la pérdida de la vida, como industria, debemos darle al consumidor neumáticos que soporten mejor el aire. La retención de aire ayuda a mantener el verdadero desempeño de los neumáticos y mejorar el manejo del vehículo. A medida que el sector de la movilidad cambia a sistemas de accionamiento más eléctricos y autónomos, que hacen mayores demandas en los neumáticos, mantener un desempeño constante en cuanto al uso es más importante que nunca.

Los revestimientos interiores de goma basados en Exxpro 3563 proporcionan una solución. Estos proporcionan hasta un 46 % de mejora en el IPLR con respecto a las mezclas estándar actuales de la industria, reducen el desgaste y la resistencia a la rodadura y mejoran el manejo del vehículo.

## Referencias

1. Park, J., "Steer tire inflation leaves no margin for error," Trucking Info (Maintenance), 4 de septiembre de 2018 (<https://www.truckinginfo.com/312435/steer-tire-inflation-leaves-no-margin-for-error>).
2. CDL Life News, "Blown semi-truck tire blamed for Greyhound bus crash that killed seven," 31 de agosto de 2018 (<https://cdllife.com/2018/blown-semi-truck-tire-blamed-greyhound-bus-crash-killed-seven/>).
3. Valentage, J., "Automotive megatrends and the importance of tire air retention," Tire Technology Expo, Hannover, febrero de 2018.
4. ExxonMobil Internal Studies on Dynamic Air Loss from Tires.
5. National Highway Transportation and Safety Administration, "Tire Inflation and TPMS – The Problem," Publication Brochure, junio de 2013 (<https://one.nhtsa.gov/nhtsa/Safety1nNum3ers/june2013/theProblemJune2013.html>).
6. DOT HS 811617 – National Highway Transportation and Safety Administration, "Tire-Related Factors in Pre-Crash State," abril de 2012 (<https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811617>).
7. Nair, S. et al., "Evaluation of Exxpro in Tire Innerliners," ACS 196th Technical Conference, Cleveland, Ohio, 2019.
8. Carraher, C. E., Polymer Chemistry, 2003, pp 205.
9. Jacob S. et al., "Cure Mechanism for Exxpro Specialty Elastomers," ACS 196th Technical Conference, Cleveland, Ohio, 2019.
10. <https://www.exxonmobilchemical.com/en/products/butyl/bimsm>.

Para obtener más información sobre el elastómero especializado Exxpro 3563™, comuníquese con nosotros en [www.exxonmobilchemical.com/contact Sujith](http://www.exxonmobilchemical.com/contact Sujith).

# ExxonMobil

©2020 ExxonMobil. ExxonMobil, el logotipo de ExxonMobil, el dispositivo "X" de enclavamiento y otros nombres de productos o servicios utilizados en este documento son marcas registradas de ExxonMobil, a menos que se indique lo contrario. Este documento no podrá ser distribuido, mostrado, copiado o modificado sin la autorización previa por escrito de ExxonMobil. En la medida en que ExxonMobil autorice la distribución, exhibición o copiado de este documento, el usuario solo podrá hacerlo si el documento no contiene modificaciones y está completo, lo que incluye todos sus encabezados, pies de página, descargos de responsabilidad y otra información. No podrá copiar este documento ni reproducirlo total o parcialmente en un sitio web. ExxonMobil no garantiza los valores típicos (u otros). Todos los datos incluidos en este documento se basan en análisis de muestras representativas y no en el producto enviado. La información de este documento solo se relaciona con el producto y materiales nombrados, cuando no se encuentra en combinación con algún otro producto o material. La información está basada en datos que consideramos fiables en la fecha de compilación, pero no representan ni garantizan, de manera expresa o implícita, la capacidad de comercialización, la idoneidad para un propósito en particular, la libertad de violación de patente, la idoneidad, la exactitud, la fiabilidad o la exhaustividad de esta información o de los productos, materiales o procesos que se describen. El usuario es el único responsable de todas las determinaciones respecto del uso del material o productos y cualquier proceso en sus territorios de interés. Expresamente rechazamos responsabilidad por cualquier pérdida, daño o lesión sufrida de forma directa o indirecta, o incurrida, como resultado de la utilización o de la confianza de cualquier persona en las informaciones del presente documento. Este documento no es un respaldo de ningún producto o proceso que no sea de ExxonMobil, y negamos expresamente cualquier implicación contraria. Los términos, "nosotros", "nuestro", "ExxonMobil Chemical" o "ExxonMobil" se usan para conveniencia y pueden incluir cualquier empresa de ExxonMobil Chemical Company, Exxon Mobil Corporation o cualquier empresa afiliada que administren directa o indirectamente.