

Millathane®

Goma de Poliuretano Millable

Propiedades de Ingeniería



TSE Industries, Inc.
www.tse-industries.com
millathaneinfo@tse-industries.com

Millathane® Goma de Poliuretano Millable

Boletín de propiedades de ingeniería

Índice

Propiedades y aplicaciones clave de Millathane®.....	2
Grados de Millathane® goma de poliuretano millable	3
Cómo elegir el poliuretano millable Millathane® adecuado	4
Gráfico ASTM D2000	5
Propiedades mecánicas del caucho de poliuretano millable Millathane®	6
Dureza.....	6
Resistencia a la tensión y resistencia al desgarramiento	6
Resistencia a altas temperaturas.....	6
Propiedades a bajas temperaturas	7
Elasticidad/amortiguación	7
Resistencia a la abrasión.....	8
Deformación permanente por compresión.....	9
Compresión/deflexión	10
Resistencia química.....	12
Resistencia al aceite, el combustible y los solventes.....	13
Resistencia al agua/humedad.....	14
Resistencia al calor.....	15
Resistencia al ozono y al agua	16
Retardo de llamas.....	17
Resistencia a la radiación y esterilización.....	17
Permeabilidad al gas.....	18
Encogimiento del molde.....	19
Propiedades eléctricas.....	19
Colorabilidad	20
Reciclabilidad.....	20
Aplicaciones.....	20
Resumen.....	20

Las recomendaciones para el uso de nuestros productos están basadas en pruebas que consideramos confiables. Sin embargo, no garantizamos los resultados que otros obtengan bajo diferentes condiciones. Ninguna parte de este folleto debe considerarse una recomendación para el uso de nuestros productos de forma que infrinja cualquier patente. Millathane® y Thanecure® son marcas registradas y Millstab P es una marca registrada de TSE Industries, Inc.

© Copyright TSE Industries, Inc. 2011

Boletín de propiedades de ingeniería de Millathane®

Propiedades y aplicaciones clave de Millathane®

TSE Industries Inc. ha estado trabajando con poliuretanos millable desde 1962 y es el fabricante más grande del mundo de una línea completa de caucho millable de poliuretano llamada **MILLATHANE**. La misma posee una combinación de propiedades físicas que no se encuentran en los cauchos naturales u otros cauchos sintéticos y realizan una contribución importante al mercado del caucho de alto rendimiento.

Las propiedades claves de un caucho de poliuretano que se exigen para aplicaciones de alto rendimiento incluyen:

- resistencia a la abrasión
- flexibilidad a baja temperatura
- resistencia al ozono
- capacidad de carga
- resistencia excepcional al aceite
- resistencia a la permeabilidad del nitrógeno

Los grados curables con peróxido tienen una buena resistencia al calor, siendo capaces de soportar temperaturas continuas de hasta 100°C y temperaturas intermitentes de hasta 120°C. Los grados curados con azufre se usan principalmente en coberturas de rodillos y ventosas, especialmente en durezas bajas hasta aproximadamente 30 Shore A.

Los tipos de poliéster del caucho de poliuretano cuentan con una excelente resistencia al aceite y a las temperaturas moderadas. Los poliésteres uretanos también son mejores en la resistencia a la abrasión por deslizamiento. Los tipos de poliéster son más estables hidrolíticamente y son resistentes a la abrasión por choque debido a su alta resistencia.

El caucho millable de poliuretano MILLATHANE se usa en muchos mercados industriales como máquinas comerciales, automotriz, textil, calzado y otros mercados. Las aplicaciones típicas de alto rendimiento incluyen cubiertas de rodillos, correas, juntas tóricas, juntas, diafragmas, sellos, aisladores de vibración, paragolpes, propulsores, suelas de zapatos, tuberías y cubiertas de mangueras.



Grados de poliuretano millable Millathane®

TSE produce uretanos millable Millathane tanto en grados de poliéster como en poliéter. Los **grados de poliéter** tienen mejor resistencia al agua y a la hidrólisis que los grados de poliéster, mientras que los **grados de poliéster** tienen mejor resistencia al calor, al aceite y a la compresión que los grados de poliéter.

La mayoría de los grados de Millathane están disponibles en una variedad de viscosidades y están disponibles como fardo denso o láminas previamente molturadas. Todos los grados son curables con peróxido. Los grados curables con azufre son Millathane E34, E40, CM, 76 y HT.

	Propiedades clave	Aplicaciones típicas
Grados de poliéter		
Millathane 26	Cumple con la norma de la FDA 21CFR177.2600	Rodillos, correas y piezas moldeadas, para aplicaciones de manejo de alimentos y otros
Millathane 97	Transparencia y gran resistencia a la abrasión	Suelas y componentes de zapatos transparentes y piezas de colores brillantes
Millathane CM	Excelentes propiedades de resistencia, resistencia a la abrasión y baja temperatura	Piezas militares y aeroespaciales que requieren excelente resistencia y resistencia a la baja temperatura
Millathane E34	Resistencia a la abrasión y a la hidrólisis	Rodillos cubiertos de caucho para industrias de papel e impresión, calzado
Millathane E40	Destacadas propiedades de baja temperatura	Piezas militares y aeroespaciales que requieren el nivel óptimo en propiedades de baja temperatura
Grados de poliéster		
Millathane 66	Excelente resistencia al calor, aceite y deformación permanente	Sellos, juntas, correas, rodillos que necesitan resistencia óptima al calor y a la deformación permanente
Millathane 76	Excelente resistencia al aceite y a la abrasión	Rodillos, juntas tóricas, juntas, ventosas, aisladores de vibración, ruedas
Millathane 5004	Resistencia al aceite y a solventes	Ventosas, diafragmas, rodillos para impresiones y manejo de papel
Millathane HT	Excelentes propiedades de fricción y baja temperatura	Correas, rodillos, juntas que requieren excelentes características de fricción

Grados Thanecure®

TSE fabrica dos productos Thanecure que se usan para la vulcanización de cauchos millable de uretano.

Thanecure ZM	Thanecure ZM es un activador/acelerador de curado para los poliuretanos millable curados con azufre. Se usa comúnmente en el nivel de 1 por cien partes de caucho lo cual le da un buen equilibrio de velocidad de curado y seguridad de procesado.
Thanecure T9	Thanecure T9 está dimerizado con TDI y se usa como agente de vulcanización para uretanos millable curados con isocianato. También se usa como promotor de adhesión para la unión del caucho y el material textil.

Cómo elegir el poliuretano millable Millathane® adecuado

La tabla que aparece a continuación muestra una comparación de las propiedades de los grados disponibles de Millathane, incluyendo una comparación de compuestos curados con azufre y con peróxido.

Grado de Millathane®	66	76		5004	HT		26	97	CM	E34			E40		
Tipo de poliuretano	Poliéster						Poliéter								
Curado (P=peróxido, S=azufre)	P	S	P	P	S	P	P	P	S	P	S	P	S	P	
Propiedades físicas¹															
Resistencia a la tensión	++	++	+	+	+	+	+	+	++	+	++	+	++	+	
Resiliencia al rebote	+	o	o	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++	
Resistencia a la abrasión	+	+	+	+	++	+	+	+	++	+	++	+	++	+	
Resistencia a desgarro	+	++	+	++	+	o	+	+	++	+	+	+	+	+	
Propiedades mecánicas con alta dureza	+	+	+	+	o	o	+	+	+	+	+	o	+	o	
Propiedades mecánicas con baja dureza	o	++	+	+	+	o	+	o	+	+	+	+	+	+	
Deformación permanente por compresión -- a 70 °C	++	o	++	+	+	++	+	o	+	+	+	+	+	+	
-- a 100 °C	++	o	++	+	+	+	+	o	o	+	o	+	o	+	
Resistencia al calor	++	o	+	++	o	++	o	o	o	+	o	+	o	+	
Desempeño de baja temperatura	++	o	o	+	++	++	+	+	++	++	o	o	++	++	
Impermeabilidad al gas	+	+	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	
Transparencia (artículos curados)	o	—	o	o	—	o	o	++	—	—	—	o	—	o	
Resistencia a la hidrólisis ² (agua)	o ²	o ²	o ²	o ²	o ²	o ²	++	++	++	++	++	++	++	++	
Resistencia al aceite	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Resistencia diesel/biodiesel	++	++	++	++	+	+	o	o	+	+	+	+	+	+	
Resistencia a la gasolina	++	++	++	++	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	
Gasoil (gasolina/etanol 90/10)	+	+	+	+	o	o	—	—	—	—	—	—	—	—	
Aplicaciones según la FDA (cumple con 177.2600)	—	—	—	—	—	—	++	—	—	—	—	—	—	—	
Procesamiento															
Moldeado por compresión	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
Moldeado por transferencia	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
Moldeado por inyección	++	+	++	++	+	++	++	++	+	++	+	++	+	++	
Extrusión ³	++	+	+	+	+	+	+	++	+	+	++	++	++	++	
Vulcanización con vapor ⁴	o	o	o	o	o	o	+	+	++	+	++	+	++	+	
Vulcanización con aire caliente ⁵	o	++	o	o	+	o	+	+	++	+	++	+	++	+	

++ = Excellent, + = Good, o = Fair, — = N/A or insufficient data

R20100525

¹Propiedades relativas (con otros polímeros/compuestos Millathane®)

²La resistencia a la hidrólisis de los uretanos poliéster puede mejorarse significativamente por la adición de carbodiimidias.

³Únicamente para la construcción de rodillo de extrusión o preformas

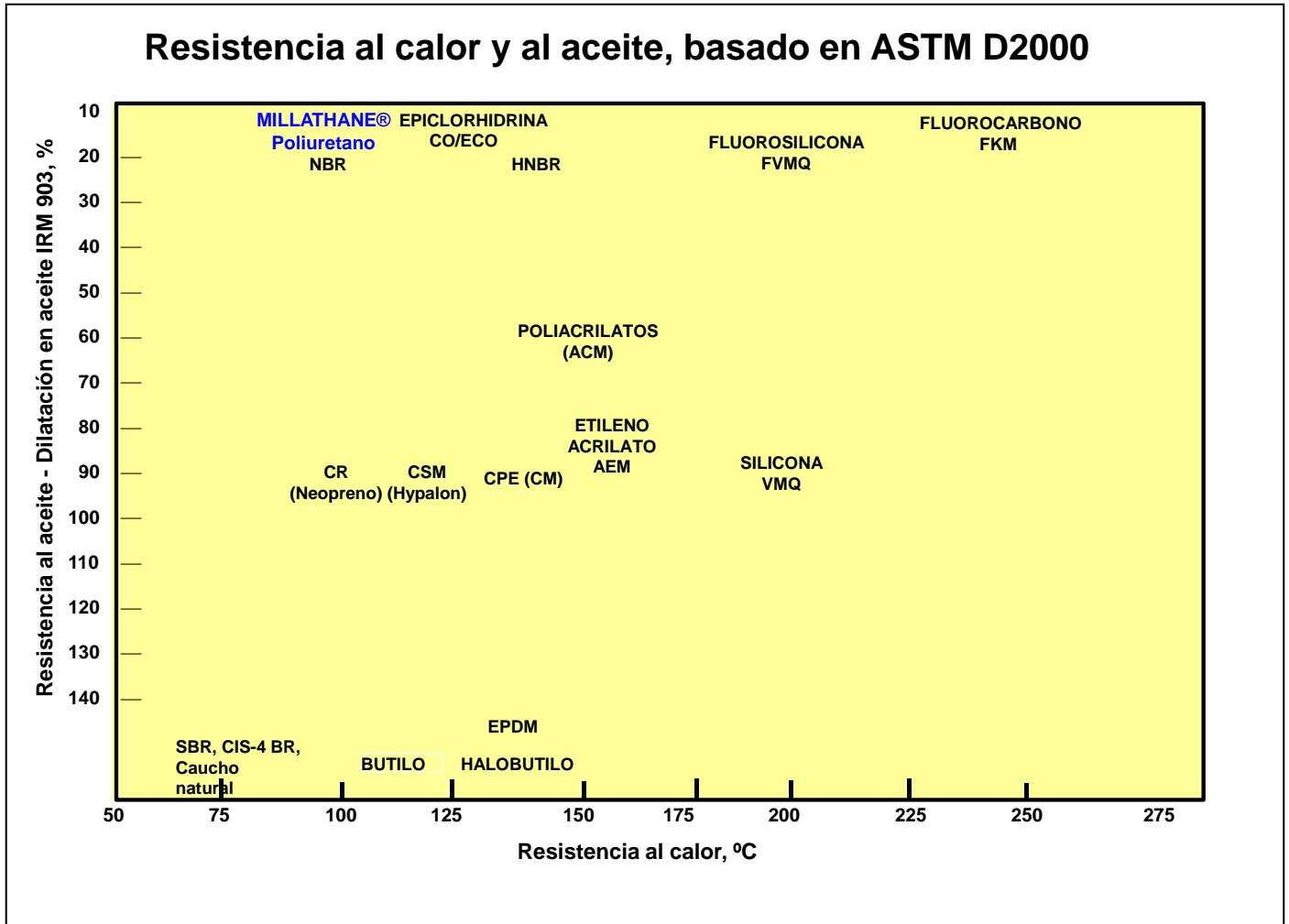
⁴El compuesto debe ser protegido del contacto directo con el vapor

⁵Los compuestos curados con peróxido pueden ser curados en aire caliente si son protegidos del contacto con el aire/oxígeno

*Millathane 5004 y Millathane CM fueron conocidos previamente como Vibrathane 5004 y Adiprene CM, respectivamente. Vibrathane y Adiprene son marcas registradas de Chemtura Corporation.

Gráfico ASTM D2000

Una forma común de comparar diferentes tipos de caucho es por su envejecimiento por calor y propiedades de resistencia al aceite. El siguiente gráfico, basado en los requisitos de ASTM D2000, muestra que los uretanos millable Millathane® tienen una muy buena resistencia al aceite, similar a NBR y HNBR, y una resistencia moderada al calor, hasta 100°C – 125°C, similar a la del neopreno y los cauchos NBR.



Propiedades mecánicas del caucho de poliuretano millable Millathane®

Dureza

Los uretanos millable Millathane pueden combinarse para fabricar productos con un rango de dureza de 30 a 98 Shore A y hasta 60 Shore D de durómetro, aunque los productos más útiles se encuentran en el rango de 50 a 80 Shore A de durómetro.

Resistencia a la tensión y resistencia al desgarramiento

Se pueden obtener valores tan altos como 40 MPa (5800 psi) de resistencia a la tensión y 70 IN/m (400 lb/pulg.) de resistencia al desgarramiento con uretanos millable Millathane, aunque los productos con propiedades menores a estos valores también cuentan con un excelente rendimiento. Las partes mecánicas fabricadas de caucho rara vez se usan cerca de su resistencia máxima a la rotura, comúnmente dentro del 20% de elongación o compresión.

Resistencia a altas temperaturas

La buena retención de las propiedades a altas temperaturas es importante para aplicaciones tales como sellos, juntas y correas que experimentan temperaturas elevadas durante su uso. Los compuestos de caucho de uretano no son conocidos por su alta resistencia a las temperaturas, ya que tienden a ablandarse de modo significativo a temperaturas mayores a 150°C (302°F). A temperaturas moderadas, los compuestos pueden tener una muy buena retención de propiedades, incluso mejor que los polímeros como HNBR como se muestra en la siguiente tabla.

Propiedades físicas	Millathane® 5004	HNBR
Prueba a 23 °C		
Dureza, Shore A	75	73
TSE-100*, MPa	5.2	3.7
Prueba a 52 °C		
TSE-100*, MPa	4.3	2.8
% de cambio	-16	-24
Prueba a 107 °C		
TSE-100*, MPa	4.1	2.7
% de cambio	-21	-28
Prueba a 135 °C		
TSE-100*, MPa	3.9	2.6
% de cambio	-25	-30

*TSE-100 = esfuerzo de tensión ("Modulus") al 100% de elongación

Propiedades a bajas temperaturas

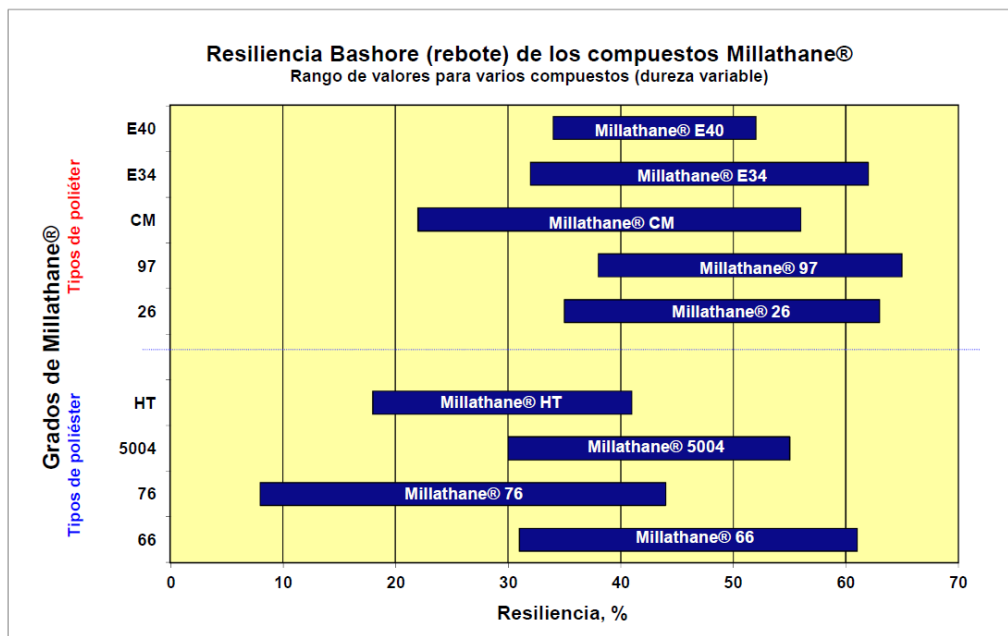
Los uretanos millable, como categoría general, tienen buenas propiedades a bajas temperaturas, con compuestos basados en grados de poliéter con puntos de fragilidad tan bajos como -68°C (-90°F) y compuestos basados en grados de poliéster tan bajos como 60°C (-76°C). La flexibilidad a bajas temperaturas es importante para aplicaciones como tanques de avión vejiga de descongelamiento, piezas automotrices y mangueras para el uso en temperaturas frías.

Algunos grados de uretano millable tanto de poliéter como de poliéster pueden endurecerse considerablemente a temperaturas bajas, debido a la cristalización del polímero. Los grados Millathane que son los más resistentes al endurecimiento por baja temperatura son los grados de poliéter Millathane CM y Millathane E40 y los grados de poliéster Millathane HT y Millathane 66.

Elasticidad/amortiguación

La elasticidad es una medida de las características de rebote del caucho. La elasticidad Bashore, probada por ASTM D2632, es una prueba práctica para medir la elasticidad. La prueba se realiza dejando caer un émbolo de masa y una forma geométrica específicas de una altura fija a la superficie de la muestra de prueba. La relación entre la distancia de los rebotes del émbolo con la distancia que viajó el émbolo antes del impacto es la elasticidad Bashore, expresada como un porcentaje.

Los uretanos millable Millathane pueden tener valores de elasticidad (rebote) que varían desde menos del 10%, como se observa con algunos compuestos Millathane 76, hasta más del 60%, como se observa con varios grados de poliéter de uretanos millable Millathane. Los compuestos de baja elasticidad generalmente tienen excelentes características de amortiguación de la vibración y se usan en el embalaje de instrumentos y otras aplicaciones de amortiguación de las vibraciones. Los compuestos de alta elasticidad tienden a tener una acumulación menor de calor en aplicaciones dinámicas como los rodillos cubiertos de caucho. Generalmente, la elasticidad será más alta con cargas de poco relleno que con cargas de más relleno y los curados con peróxido tenderán a dar mayor elasticidad que los curados de azufre. A continuación se presenta un gráfico que muestra el rango de los valores de elasticidad que pueden lograr los compuestos, basados en los diferentes grados de Millathane.

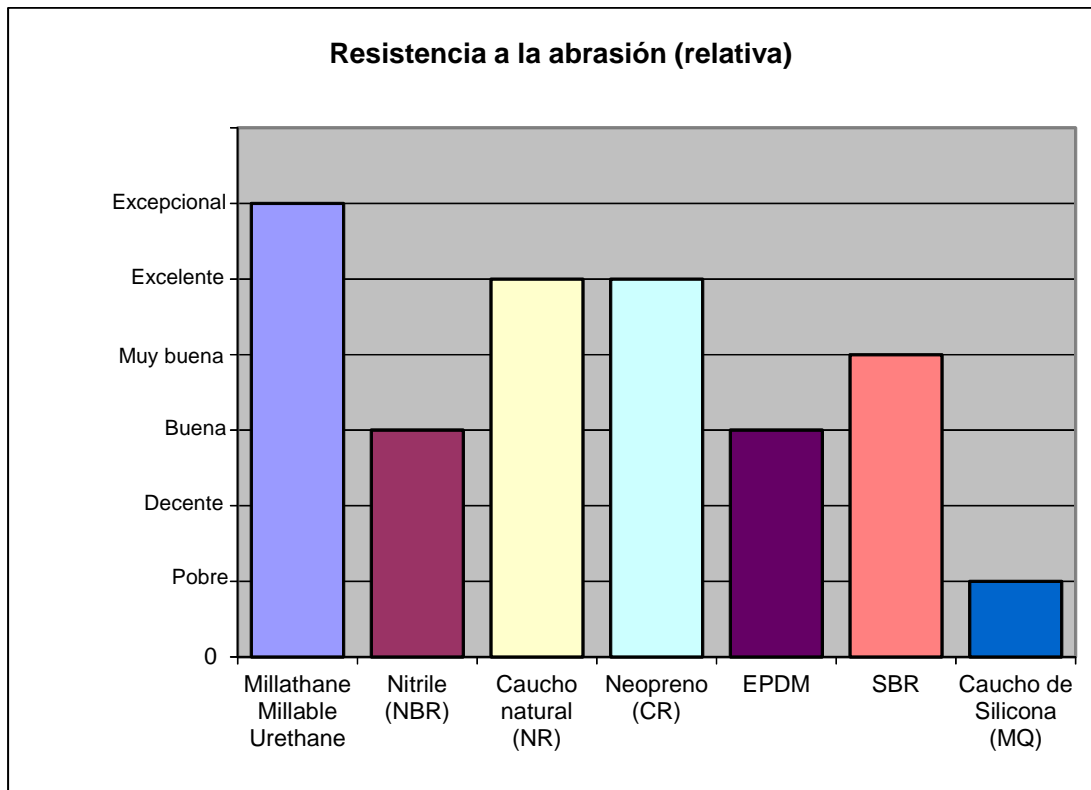


Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión es la capacidad que tiene una superficie de resistir el desgaste debido al contacto con otra superficie en movimiento con respecto a la misma. Una gran resistencia a la abrasión es importante en aplicaciones como rodillos, correas y cubiertas para helicópteros. Una de las pruebas más comunes para medir la resistencia a la abrasión es la prueba de abrasión DIN (ASTM D5963), en donde una muestra cilíndrica se pasa por un rodillo giratorio abrasivo y se mide la cantidad de volumen perdido de la muestra. Los valores típicos de resistencia a la abrasión para los compuestos de calidad de uretano millable Millathane son de 50 a 80 mm³, aunque los compuestos pueden tener valores de resistencia a la abrasión tan bajos como 30 ó 40 mm³, dependiendo de su formulación.



El caucho de poliuretano proporciona la mayor resistencia a la abrasión en comparación con cualquier otro caucho, sintético o natural. Las pruebas de laboratorio no siempre predicen la ventaja de los compuestos Millathane sobre otros cauchos, pero la experiencia en el campo a menudo demuestra una gran mejora en la vida útil del producto cuando un uretano millable Millathane reemplaza a un caucho convencional. A continuación se muestra una lista del uretano millable Millathane en comparación con otros cauchos convencionales:

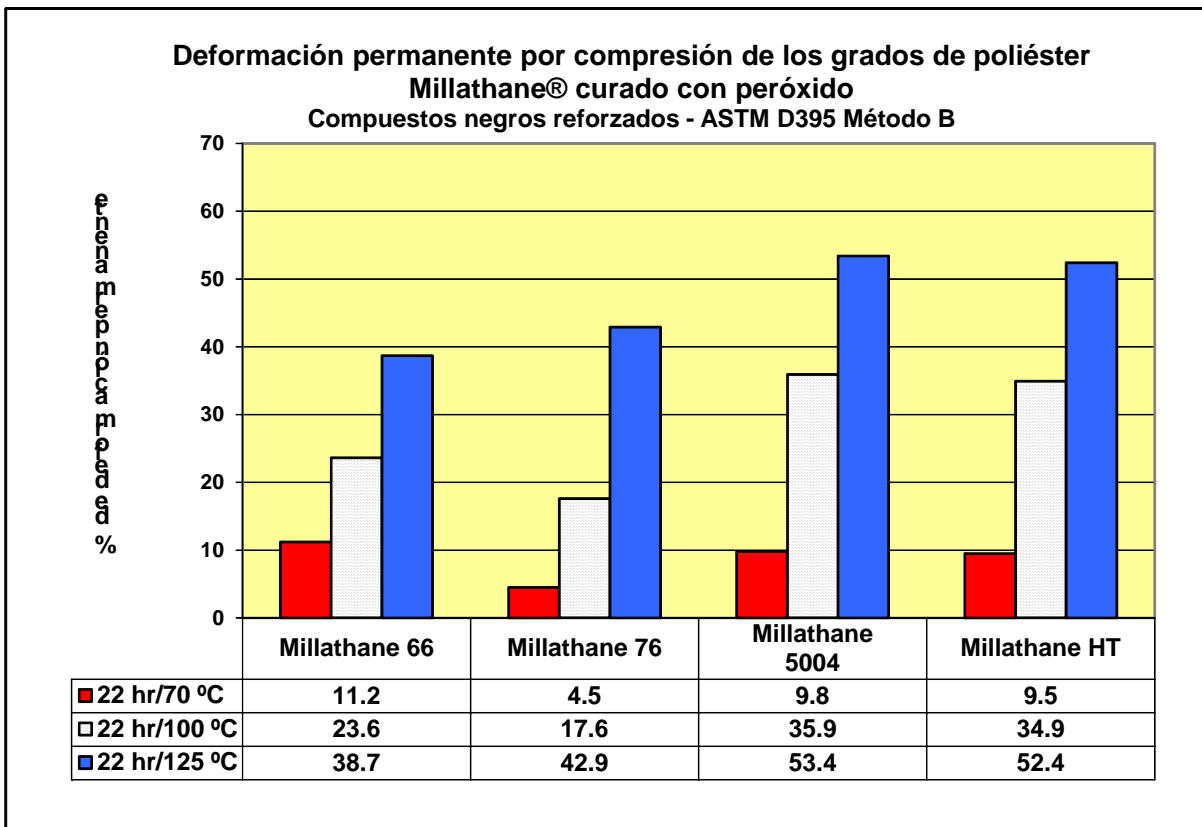


Deformación permanente por compresión

La deformación permanente por compresión es la resistencia a la deformación permanente luego de la aplicación de una carga o deformación durante un tiempo y temperatura específicos. Un método de prueba típico es el método B ASTM D395, en donde muestras de 1 pulg. de diámetro x 0,5 pulg. de alto se comprime un 25% y luego se coloca en un horno por el tiempo y temperatura especificados. Luego de retirar del horno y de retirar el dispositivo de fijación, se suelta la muestra durante 30 minutos y se mide la cantidad de deformación permanente.

Una buena resistencia a la compresión es una propiedad importante para aplicaciones como rodillos, juntas tóricas y sellos. Los uretanos millable Millathane, cuando son curados con peróxido, tienen muy buenas características de deformación permanente por compresión a temperaturas de hasta 125°C, con la deformación aumentando a medida que se aumenta la temperatura (como es típico para todos los cauchos). El gráfico que aparece a continuación compara la deformación permanente por compresión de los grados del poliéster Millathane a 70°C, 100°C y 125°C.

Generalmente, los uretanos de poliéster tienen una mejor deformación permanente por compresión en comparación con los grados de poliéter. Los compuestos de uretano millable curados con peróxido tendrán una mucho mejor (más baja) deformación permanente por compresión en comparación con los compuestos curados con azufre.

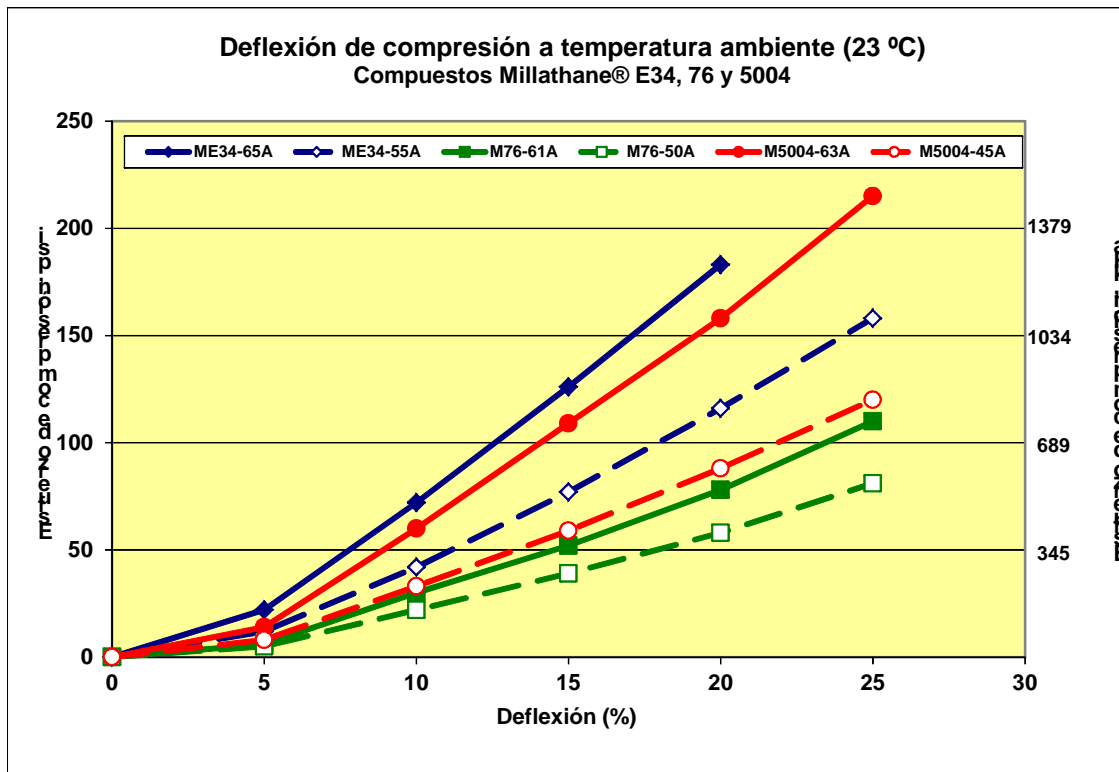


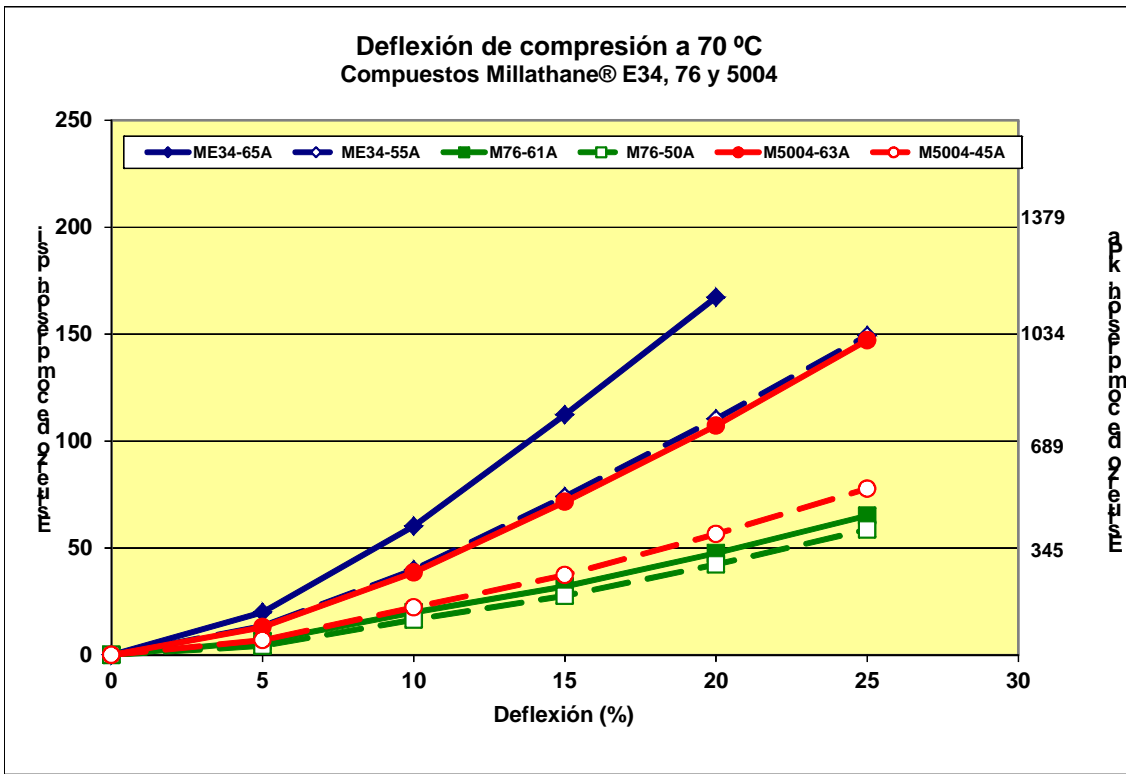
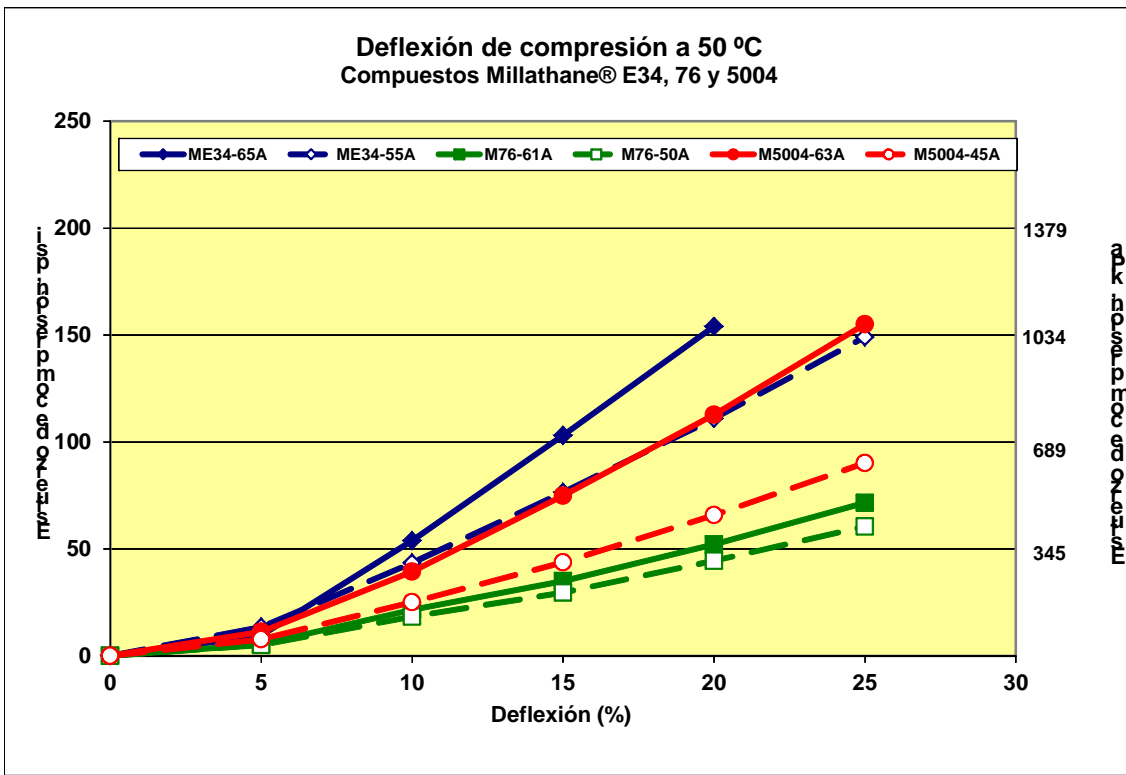
Compresión/deflexión

Se probó la deflexión de compresión de varios compuestos de poliuretano millable Millathane® negro carbón reforzados, basándose en tres polímeros diferentes (Millathane® 76, Millathane E34 y Millathane 5004) según el método A ASTM D575. Los compuestos Millathane 76 y E34 fueron curados con azufre, mientras que los compuestos Millathane 5004 fueron curados con peróxido y se probaron dos durezas de cada compuesto que se probó. Las muestras tenían un factor de forma de 0.5 (cilindros de 1 pulg. [25,4 mm] de diámetro y 0.5 pulg. [12,7 mm] de altura). Se probó la deflexión de compresión a temperatura ambiente (23°C), 50°C y 70°C.

Los datos, trazados en los gráficos que aparecen a continuación y en la página siguiente, muestran que los compuestos más blandos tienen curvas de deflexión de compresión más bajas que los compuestos más duros. Además, los compuestos Millathane 76 muestran los valores de deflexión de compresión más bajos, mientras que los compuestos Millathane E34 y Millathane 5004 tuvieron una deflexión de compresión algo similar, cuando se comparan los compuestos en una dureza similar.

Los resultados de deflexión de compresión a **altas temperaturas** muestran la tendencia esperada de menos tensión necesaria para curvar las muestras. Esto se muestra en los datos de 70°C trazados para todos los componentes y los datos del compuesto Millathane 5004 63 Shore A para todas las temperaturas.





Resistencia química

Los uretanos generalmente tienen una muy buena resistencia a aceites y combustibles, pero poca resistencia a hidrocarburos clorados y cetonas. Los uretanos no son conocidos por su resistencia a ácidos y bases y son afectados de algún modo por el agua, especialmente a temperaturas elevadas. Los poliéster uretanos son afectados especialmente por estos materiales ya que pueden ser sometidos a hidrólisis en donde el polímero se degrada. Los estabilizadores pueden proteger a los poliéster uretanos de la hidrólisis de forma limitada (pero no permanente).

La tabla de resistencia de un compuesto de prueba Millathane® 76 (negro reforzado, curado con azufre) a varios químicos, muestra el porcentaje de volumen de dilatación luego de la inmersión durante una semana a temperatura ambiente o según se indique.

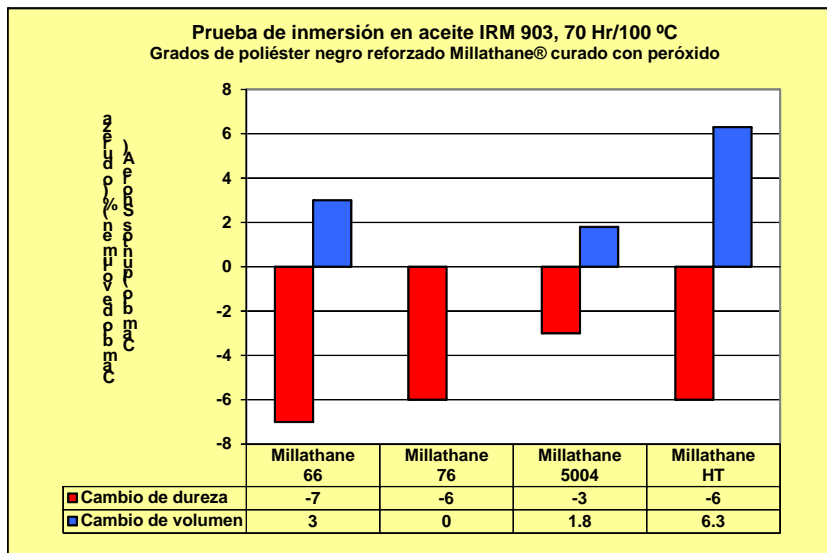
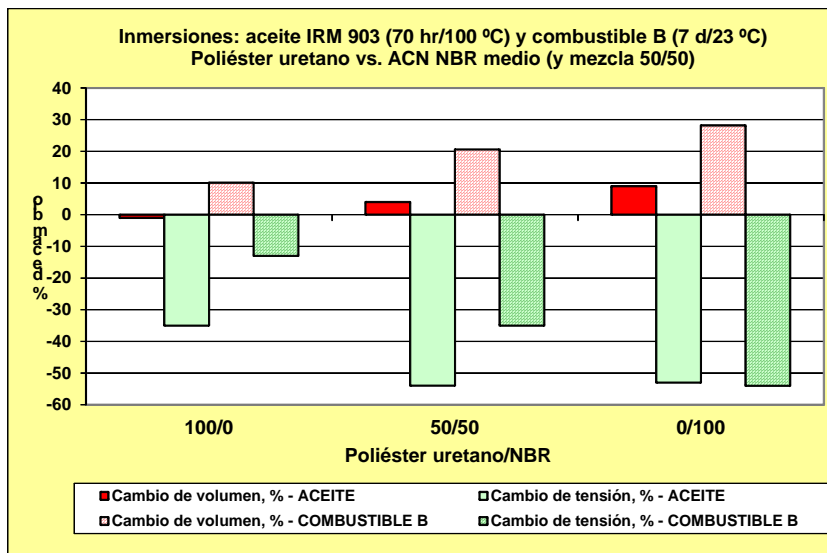
VOLUMEN DE DILATACIÓN DE MILLATHANE 76 EN VARIOS QUÍMICOS

ÁCIDOS	%	HIDROCARBUROS	%
Ácido hidroclorehídrico, 10%	4	Combustible B ASTM	16
Ácido nítrico, 10%	25	Aceite N.º 1 ASTM	1
		Aceite N.º ASTM, 70 hr/100 °C	-2
Ácido fosfórico, 10%	5	Aceite N.º 3 ASTM	1
Ácido sulfúrico, 10%	3	Aceite N.º 3 ASTM, 70 hr/100 °C	-2
		Benceno	100
ALCOHOLES		Gasolina	9
Alcohol butílico	16	Petróleo, crudo, 70 hr/100 °C	2
Alcohol etílico	19	Tolueno	59
		Cera, petróleo, 70 hr/100 °C	-5
ALCALINOS		Xileno	36
Hidróxido de sodio, 10%	2		
ÉSTERES		CETONAS	
Acetato de cellosolve	302	Acetona	126
Acetato de etilo	104	Metil etil cetona (MEK)	119
HIDROCARBUROS HALOGENADOS		OTROS MATERIALES	
tetracloruro de carbono	33	Líquido hidráulico (Skydrol)	59
Tetracloroetileno	21	Aceite de semilla de lino	4
Tricloroetileno	121	Agua	5

Resistencia al aceite, el combustible y los solventes

Los poliuretanos millable generalmente tienen una excelente resistencia al aceite, similar a la de un caucho de nitrilo ACN (NBR) medio o HNBR. La resistencia a los solventes y combustibles (p. ej. gasolina o gasoil) también es similar y en algunos casos mejor, en comparación con un caucho de nitrilo ACN. El gráfico que aparece a continuación muestra que un poliéster uretano Millathane tiene una mejor resistencia (menos cambio en el volumen y en la fuerza de tensión) que el combustible y la gasolina B que un compuesto de nitrilo ACN medio. IRM 903 es un aceite de prueba que es similar al aceite lubricante que tiene un punto de anilina de 70°C. El combustible B es una mezcla 70:30 de isooctano y tolueno.

Los grados de poliéster tendrán una resistencia significativamente mejor al aceite y a los solventes que los grados de poliéter. Los grados de poliéster deben elegirse para aplicaciones que requieran una resistencia óptima a estos materiales, como rodillos de impresión y sellos. El gráfico que aparece a continuación compara los cinco grados de poliéster Millathane según su resistencia al aceite IRM 903. Todos los compuestos muestran una dureza y cambios en el volumen menores luego de la exposición al aceite de alta temperatura, pero Millathane 76 y Millathane 5004 tuvieron cambios de menor volumen, mientras Millathane 5004 tuvo el cambio de dureza más pequeño.

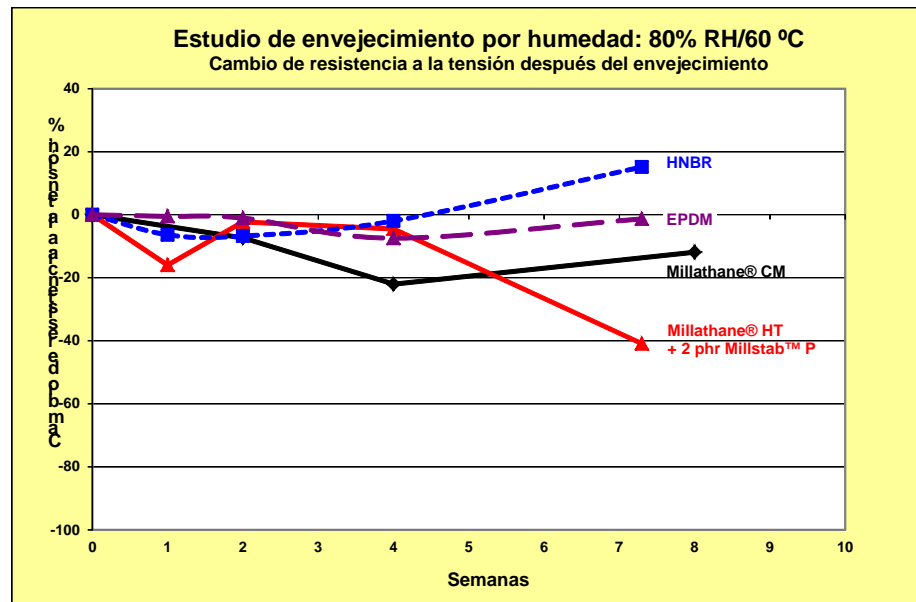
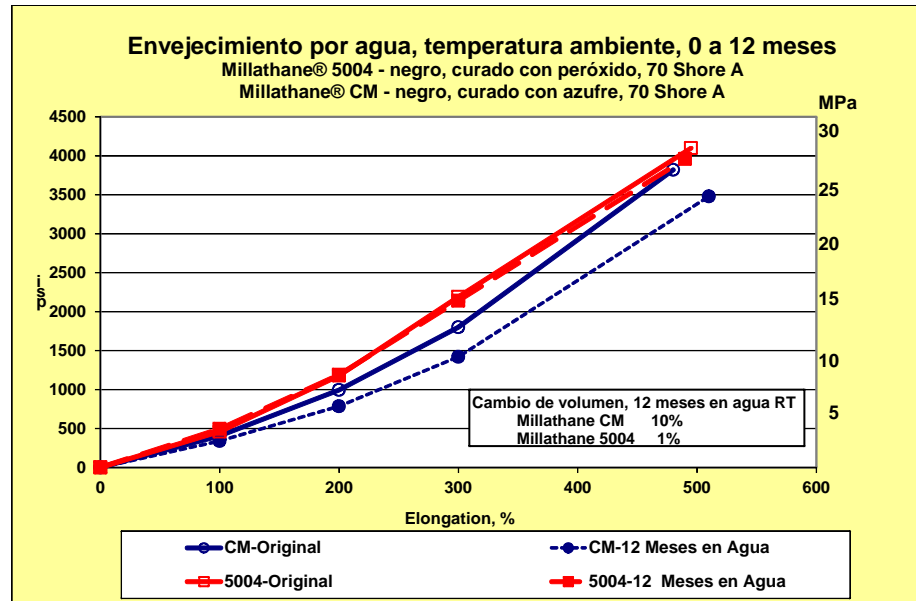


Resistencia al agua/humedad

Los uretanos poliéter millable tienen una buena resistencia al agua y a la humedad y se recomiendan para aplicaciones en que la resistencia a la hidrólisis a largo plazo es importante. Los poliéster uretanos son mucho menos resistentes a la hidrólisis, pero pueden lograr una resistencia a la hidrólisis excelente (aunque temporal) a través de la adición de estabilizadores de hidrólisis de carbodiimida, con el nivel y la duración de la protección proporcional a la cantidad de estabilizador (Millstab™ P) en la formulación.

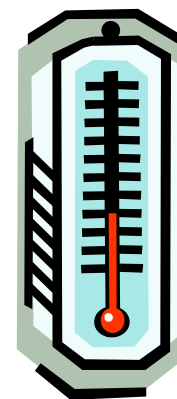
En el gráfico que aparece a la derecha se muestra un ejemplo de excelente resistencia a la hidrólisis del poliéter uretano millable Millathane CM y el poliéster uretano millable Millathane 5004 (con 5 partes de Millstab P). Luego de 1 año de inmersión continua en agua, ambos compuestos presentaban cambios mínimos en las propiedades.

En el gráfico que aparece a la derecha se muestra una comparación de Millathane CM y el poliéster uretano Millathane HT (con 2 partes de Millstab P) con compuestos HNBR y EPDM de dureza similar probados bajo condiciones cálidas y húmedas. Millathane CM y los compuestos HNBR y EPDM tuvieron cambios mínimos en la resistencia a la tensión durante la prueba de 7 a 8 semanas, mientras el Millathane HT estabilizado demostró un cambio mínimo en la resistencia a la tensión durante las primeras cuatro semanas, luego mostró una disminución importante en la resistencia a la tensión.



Resistencia al calor

El caucho de poliuretano millable no es particularmente conocido por su alta resistencia al calor, siendo usado típicamente a temperaturas menores a los 100°C. Los grados de poliéster del uretano millable Millathane® tienen una resistencia al calor significativamente mejor que los grados de poliéter y los curados de peróxido tienen mejor resistencia al calor que las curas con azufre.



Para aplicaciones que necesitan exposición no continua a temperaturas de hasta 150°C, los poliéster uretano millable curados con peróxido como Millathane 66 y Millathane 5004 pueden tener una muy buena utilidad debido a su excelente retención de propiedades.

La siguiente tabla muestra la excelente resistencia al calor de un compuesto negro reforzado Millathane 66 curado con peróxido. Las propiedades físicas probadas mostraron que no existió cambio en la dureza y que hubo cambios menores en la resistencia a la tensión y elongación para envejecimiento por calor realizado de 70°C a 150°C. La deformación permanente por compresión demostró excelentes resultados hasta 140°C, el alto valor de deformación permanente a 150°C lo haría no adecuado para aplicaciones a esta temperatura.

Condiciones de envejecimiento por calor						
	Original	70 hr/70°C	70 hr/100°C	70 hr/125°C	70 hr/140°C	70 hr/150°C
Dureza, Shore A	88	88	88	88	88	88
Cambio de puntos	---	0	0	0	0	0
Resistencia a la tensión, psi	3550	3920	4120	2370	2750	3190
MPa	24.5	27.0	28.4	16.3	19.0	22.0
% de cambio	---	10	16	-33	-23	-10
Elongación, %	155	165	170	90	100	150
% de cambio	---	6	10	-42	-35	-3
Condiciones de la prueba de deformación permanente por compresión						
	22 hr/70 °C	22 hr/100°C	22 hr/125°C	22 hr/140°C	22 hr/150°C	
Deformación permanente por compresión, %	4	5	22	35	74	

El compuesto usado fue Millathane 66 *Premilled*, que contiene 1.5 partes del estabilizador de hidrólisis Millstab™ P. Millstab P es un carbodiimida polimérico que es beneficioso principalmente para la resistencia a la hidrólisis, pero también beneficia el envejecimiento por calor y la resistencia a la deformación permanente por compresión.

Resistencia al ozono y intemperismo

Los uretanos millable Millathane tienen una excelente resistencia al ozono debido a la parte fundamental saturada del polímero uretano.



Los compuestos negros millable de uretano Millathane tendrán una excelente resistencia a los efectos de la luz ultravioleta (UV). Los artículos de colores claros o transparentes (usando Millathane 97) también pueden tener una excelente resistencia UV y resistencia al amarillamiento, lograda por la adición de antidegradantes como antioxidantes y estabilizadores ultravioletas. La siguiente tabla muestra el efecto mínimo sobre las propiedades de un año de la exposición Florida en tres compuestos de Millathane.

	Millathane CM	Millathane 5004*	Millathane M97
Refuerzo del compuesto	Negro de humo	Negro de humo	Sílice pirogénica
Color del compuesto	Negro	Negro	Claro/transparente
Propiedades originales			
Dureza, Shore A	70	70	72
TSE-100**, psi (MPa)	405 (2.8)	460 (3.2)	317 (2.2)
Resistencia a la tensión, psi (MPa)	3820 (26.3)	4100 (28.3)	3905 (26.9)
Elongación, %	480	495	560
Desgarramiento, troquelado, lb/pulg. (kN/m)	269 (47.1)	284 (49.7)	219 (38.4)
Propiedades luego de 1 año de exposición Florida en exterior (muestra sin tensión)			
Dureza, Shore A	75	68	66
TSE-100*, psi (MPa)	695 (4.8)	530 (3.7)	310 (2.1)
Resistencia a la tensión, psi (MPa)	3650 (25.2)	3200 (22.1)	2600 (17.9)
Elongación, %	335	490	475
Desgarramiento, troquelado, lb/pulg. (kN/m)	211 (36.9)	302 (52.9)	190 (33.3)
Apariencia de la superficie	Sin signos de agrietamiento ni formación de grietas pequeñas		
* contiene 5 partes de Millstab™ P, un estabilizador de hidrólisis de carbodiimida			
**TSE-100 = esfuerzo de tensión al 100% de elongación			

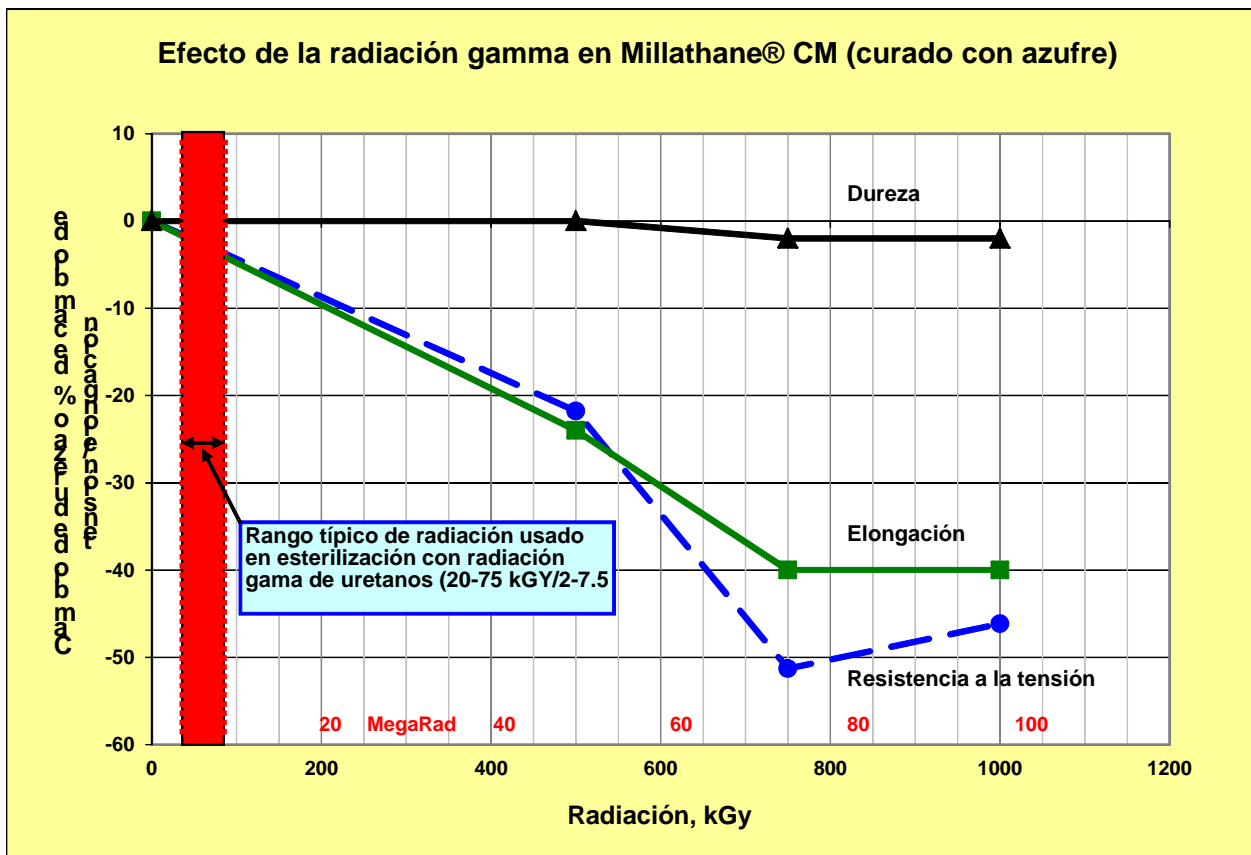
Retardo de llamas

Los uretanos millable Millathane no son inherentemente resistentes al fuego, pero pueden estar compuestos por aditivos de retardo de llamas para mejorar la resistencia al fuego, de forma similar a otros cauchos. Los compuestos que contienen óxido de antimonio con materiales halogenados han sido probados y cumplen con los requisitos UL94 V-0. Los compuestos de retardo de llamas libres de halógeno pueden prepararse usando altos niveles de trihidrato de alúmina y/o hidróxido de magnesio en el compuesto.

Resistencia a la radiación y esterilización

Millathane® CM da buena resistencia a la radiación de rayos gamma en comparación con otros elastómeros. En el rango típico de radiación usado para la esterilización de productos médicos con rayos gamma (hasta 75 kGy), un compuesto de Millathane CM curado con azufre mostró cambios insignificantes en las propiedades.

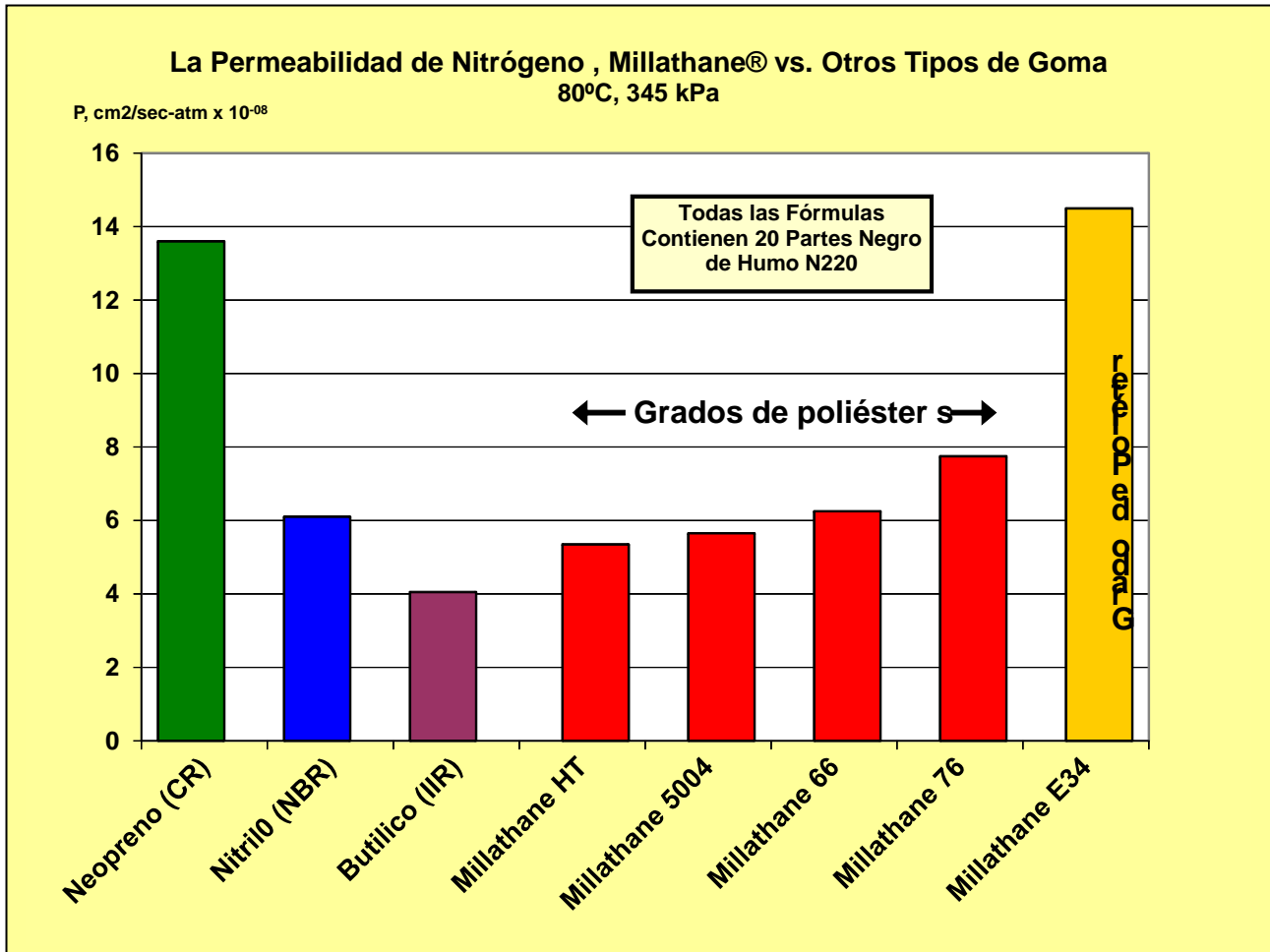
Incluso a dosis relativamente altas de 1000 kGy (100 Megarad), este compuesto Millathane CM aún retuvo buenas propiedades y proporcionaría un servicio satisfactorio. Los compuestos curados con peróxido tienen menos resistencia a la radiación que los compuestos curados con azufre.



Permeabilidad al gas

Los uretanos millable Millathane® tienen una muy buena resistencia a la permeabilidad a los gases, con la permeabilidad de los grados de poliéster Millathane acercándose a los del caucho butílico. El siguiente gráfico muestra una comparación de la permeabilidad de nitrógeno de varios grados de Millathane en comparación con neopreno (CR), nitrilo (NBR) y caucho butílico (IIR).

Los uretanos poliéster millable tienen una buena permeabilidad, levemente mejor comparado al caucho de nitrilo, pero levemente defensivo al caucho butílico. Millathane E34, un poliuretano poliéter, mostró una permeabilidad al nitrógeno más alta (más pobre), de forma similar a la del caucho de neopreno.



Encogimiento del molde

El encogimiento del molde para compuestos de uretano millable Millathane® es generalmente entre el 2.2% y el 2.5%. Los compuestos de goma y todos aquellos con cargas de bajo relleno pueden tener un encogimiento del molde levemente superior y aquellos con cargas de relleno relativamente altas pueden tener un encogimiento del molde levemente menor. Los curados con peróxido por lo general presentan encogimientos de molde levemente menores que los curados con azufre.

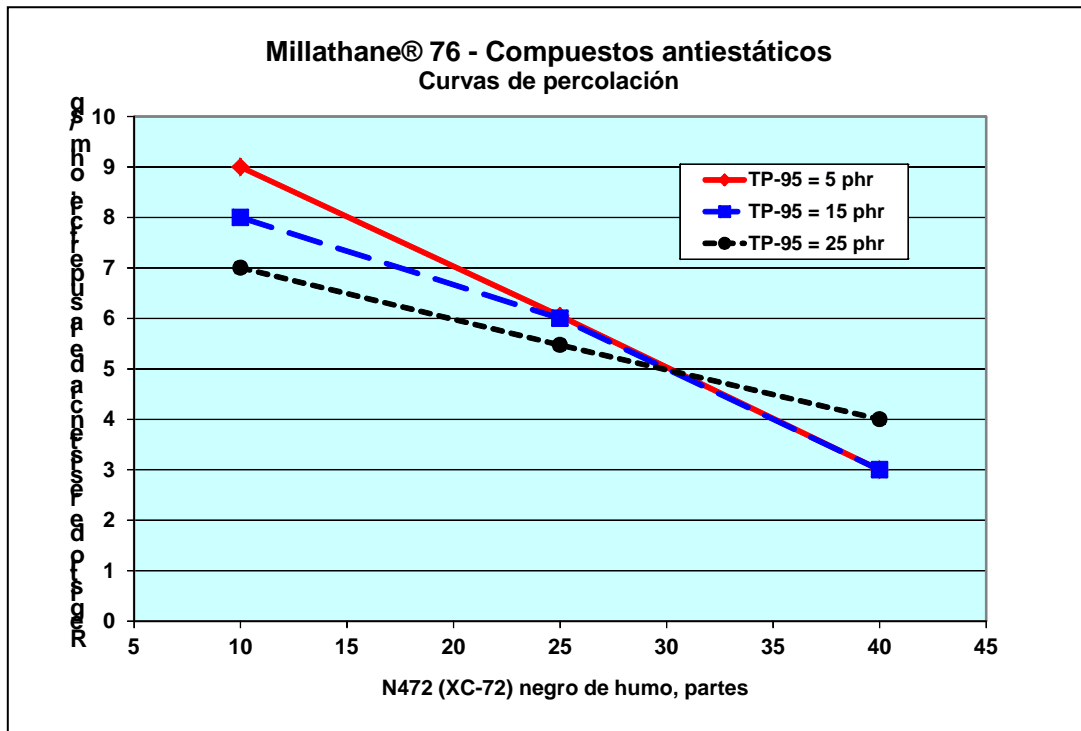
Propiedades eléctricas

Los uretanos millable no se usan típicamente para aplicaciones eléctricas, debido a las propiedades eléctricas relativamente pobres de los polímeros uretano polares. A continuación se muestra una comparación de compuestos del tipo de aislamiento basados en Millathane CM, caucho natural y neopreno.

	Resistencia específica, ohm-cm	Capacidad inductiva específica (SIC) a 1000 cps	Factor de potencia a 100 cps
Caucho natural	10^{15}	2.5	0.005
Neopreno	10^{12}	6.7	0.025
Millathane CM	10^{10}	10.2	0.080

Los compuestos de Millathane pueden formularse para ser antiestática o semiconductores a través de la adición de carbono conductor. Los compuestos antiestáticos son importantes para los rodillos y correas de disipación de estática, típicamente para el uso en máquinas comerciales en donde se transportan productos de papel.

Los compuestos Millathane 76 curados con azufre, que variaron en negro conductor de 10 a 40 partes y plastificante de 5 a 25 partes, tenían valores de resistencia específica eléctrica de 10^8 hasta 10^3 , como puede apreciarse en el siguiente gráfico.



Colorabilidad

Como con otros tipos de caucho, los compuestos curados con peróxido darán colores más brillantes y mejor retención del color que los compuestos curados con azufre, debido a la decoloración (amarillamiento) que está asociado con el curado con azufre, especialmente con los curados a temperaturas más altas. Para los mejores compuestos de color, recomendamos especialmente el Millathane 97, un uretano poliéter millable curable con peróxido.

Millathane 97 fue desarrollado para aplicaciones transparentes como suelas de zapatos deportivos y puede proporcionar, con los compuestos adecuados, piezas transparentes o de colores brillantes.



Reciclabilidad

Los productos curados de uretanos millable Millathane pueden molerse a un fino polvo (p. ej. a través de técnicas criogénicas) y volver a añadirse al mismo compuesto a niveles bajos con efecto mínimo sobre las propiedades.

Aplicaciones

Algunas de las aplicaciones que aprovechan el amplio potencial de diseño de los uretanos millable Millathane son las llantas sólidas, los rodillos cubiertos de caucho, casquillos, cojinetes, diafragmas, juntas, almohadillas de prueba, calzado atlético, correas, cubiertas militares, tanques vejiga de descongelamiento para aviones y paragolpes de absorción del golpe.



Resumen

Los uretanos millable Millathane® tienen una amplia variedad de propiedades excelentes y se han presentado en este boletín. Si desea conocer con mayor profundidad cómo los uretanos millable Millathane pueden ser adecuados para su aplicación, no dude en ponerse en contacto con nosotros en cualquier momento.



TSE Industries, Inc.
4370 112th Terrace N
Clearwater, FL 33762 USA
727-573-7676 or 800-237-7634
Fax: 727-572-0487
www.tse-industries.com
millathaneinfo@tse-industries.com

