

NOMEX® TIPO 418 Y 419

NOMEX® tipo 418 ha sido diseñado para aplicaciones de alta tensión incluyendo el revestimiento de conductores y bobinas de motores y el aislamiento de tierra y de capas en transformadores. Es un producto calandrado con una elevada resistencia dieléctrica inherente (30 a 40 kV/mm) que se puede impregnar fácilmente con barnices en las aplicaciones que lo requieran. NOMEX® tipo se suministra en 5 espesores de 0,08 a 0,36 mm. Esta mezcla calandrada de aramida y mica ofrece una mayor resistencia a la tensión que NOMEX® tipo 410 frente al ataque por corona.

NOMEX® tipo 419 es el precursor sin calandrar de NOMEX® tipo 418; se suministra en dos espesores, 0,18 y 0,33 mm. Se utiliza en aplicaciones que puedan aprovechar su menor densidad (0,5), que le confiere mejores capacidades de conformación y saturación.

Propiedades eléctricas

La Tabla I muestra los valores típicos de las propiedades eléctricas de NOMEX® tipo 418 y tipo 419. Los valores de la Resistencia Dieléctrica con Subida Rápida CA expresan los niveles de esfuerzo de tensión soportados durante períodos de 10 a 20 segundos con una frecuencia de 60 Hz. Dichos valores difieren del potencial de resistencia a largo plazo. DuPont recomienda que los esfuerzos continuos en los transformadores no excedan 3,2 kV/mm a fin de minimizar el riesgo de descargas parciales (corona). Los valores de la Resistencia Dieléctrica con Impulso de Onda Completa de la Tabla I fueron generados en placas planas como las de las aplicaciones de capa y barrera. La geometría

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

del sistema incide en los valores reales de resistencia de impulso de material. Los valores de Resiliencia Eléctrica son valores típicos y no deben ser tomados como especificación de diseño. DuPont le proporcionará, previa demanda, valores de diseño.

Importante:

Las propiedades que constan en esta hoja de características técnicas son valores típicos y promedios y no deben ser tomados como límites de especificación. Excepto cuando estipulado, todas las propiedades fueron medidas en condiciones "normales" (en equilibrio a 23°C y 50% de humedad relativa). Obsérvese que como otros productos de las técnicas papeleras, los papeles NOMEX® presentan propiedades distintas en el sentido de la máquina (MD) y en sentido transversal (XD). En algunas aplicaciones, las ranuras de motores, por ejemplo, es necesario orientar el papel en la dirección óptima a fin de obtener todo el potencial de rendimiento del papel utilizado.

Tabla I – PROPIEDADES ELÉCTRICAS TÍPICAS

Tipo	418					419	
	3	5	8	10	14	7	13
Espesor nominal (mil) (mm)	0.08	0.13	0.20	0.25	0.36	0.18	0.33
Resistencia Dieléctrica Subida Rápida CA ¹⁾							
(V/mil)	770	890	1020	965	920	395	370
(kV/mm)	30.3	35.0	40.2	38.0	36.2	15.6	14.6
Impulso de Onda ²⁾							
(V/mil)	1600	1600	1600	1700	1500	650	650
(kV/mm)	63	63	63	67	59	26	26
Constante Dieléctrica ³⁾	50% HR	2.9	3.6	4.0	4.1	3.4	2.0
a 60 Hz	Seco ⁴⁾	2.3	2.5	2.5	2.5	2.1	1.4
Factor de Disipación ³⁾	50% HR	130	120	140	140	150	140
a 60 Hz (x10 ⁻³)	Seco ⁴⁾	6	6	6	6	5	11
Resistividad Volumétrica ⁵⁾	50% HR	(10) ¹³⁾	(10) ¹³⁾	(10) ¹³⁾	(10) ¹³⁾	(10) ¹⁴⁾	(10) ¹³⁾
(Ohm.cm)	Seco ⁴⁾	(10) ¹⁶⁾	(10) ¹⁶⁾	(10) ¹⁶⁾	(10) ¹⁶⁾	(10) ¹⁵⁾	(10) ¹⁶⁾
Resistividad Superficial ³⁾	50% HR	(10) ¹¹⁾	(10) ¹²⁾	(10) ¹²⁾	(10) ¹²⁾	(10) ¹³⁾	(10) ¹³⁾
(ohm/cuadrado)	Seco ⁴⁾	(10) ¹⁴⁾	(10) ¹⁵⁾	(10) ¹⁵⁾	(10) ¹⁵⁾	(10) ¹⁵⁾	(10) ¹⁶⁾

¹⁾ ASTM D-149, electrodos de 50 mm, subida rápida; corresponde a IEC 243-1, subapartado 9.1 salvo por los electrodos de 50 mm.

²⁾ ASTM D-3426

³⁾ ASTM D-150

⁴⁾ Valores medidos a 23°C después de 24 horas de secado a 120°C

⁵⁾ ASTM D-257

Los efectos de la temperatura sobre la Constante Dieléctrica y la Resistencia Dieléctrica constan en la Figura 1 de la Hoja de Características Técnicas del papel NOMEX® tipo 410. Como NOMEX® tipo 418 se compone al 50% de mica inorgánica, sus propiedades eléctricas resultan aún más estables en presencia de altas temperaturas. Las constantes dieléctricas de NOMEX® tipo 418 y tipo 419 no varían prácticamente en una gama de temperaturas de 23 a 250°C. La Figura 1 muestra los efectos de la temperatura y de la frecuencia sobre el factor de disipación de NOMEX® tipo 418 - 0,13 mm seco y la Figura 2, su Resistividad Volumétrica y Superficial en función de la temperatura. Los valores correspondientes a los otros espesores del material son muy similares.

Como otros materiales aislantes orgánicos, NOMEX® se erosiona paulatinamente bajo el ataque de las descargas de corona. No obstante, NOMEX® tipo 418

ha sido específicamente diseñado para ofrecer una resistencia a la tensión (tiempos largos hasta rotura por descargas de corona) como mínimo equivalentes a los mejores aislantes inorgánicos y en todo caso muy superiores a los demás materiales orgánicos, como puede verse en la Figura 3. Los datos se recogieron a 360 Hz; los tiempos hasta rotura con frecuencias de 50-60 Hz son de seis a siete veces mayores que los indicados en la figura. Gracias a su resistencia a la descarga de corona, los papeles NOMEX® tipo 418 llevan muchos años de utilización comercial en aplicaciones como el aislamiento de bobinas de motores CA, clase 13,6 kV incluida.

Propiedades Mecánicas

Véase en la Tabla II los valores típicos de las propiedades mecánicas de NOMEX® tipo 418 y NOMEX® tipo 419. El papel NOMEX® tipo 418 conserva hasta temperaturas de 250°C el 50% por lo menos de su

resistencia a la tracción y alargamiento a temperatura ambiente, como puede verse en la Figura 4.

El agua constituye un plastificante para el papel NOMEX® tipo 418. La inmersión o remojo en agua de papeles NOMEX® tipo 418 reduce su resistencia a la tracción de hasta 30 a 50% de los valores típicos indicados en la Tabla II, aunque también incrementa en hasta 3 veces su alargamiento hasta la rotura; el papel resulta además más suave y conformable. Algunas aplicaciones pueden valerse de esta característica (similar a la práctica corriente de sumergir cintas de compuesto de mica en mezclas de alcohol con agua para facilitar su manejo durante el revestimiento de bobinas de motor). La permeabilidad de NOMEX® tipo 418 hace que el agua absorbida pueda ser eliminada fácilmente con los procedimientos normales de secado o secado al horno, procesos que restablecen los valores normales de las propiedades del papel.

Figura 1 - **FACTOR DE DISIPACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA Y FRECUENCIA NOMEX® TIPO 418 - 0,13 MM,**

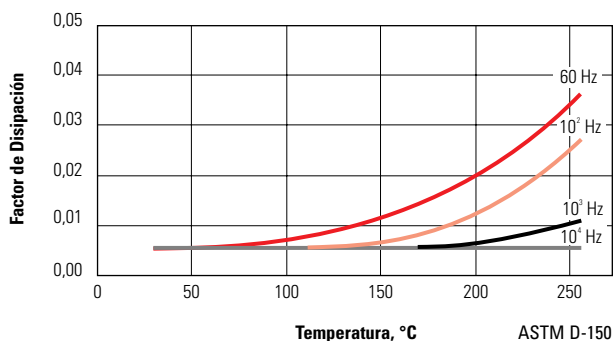


Figura 2 - **RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA NOMEX® TIPO 418 - 0,13 MM**

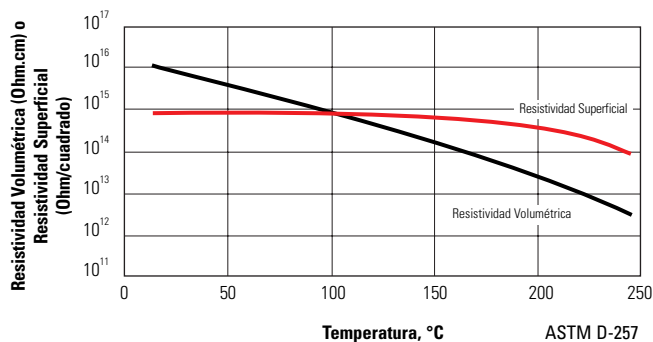


Figura 3 - **RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE VARIOS MATERIALES AISLANTES, CAPA ÚNICA 0,25 MM**

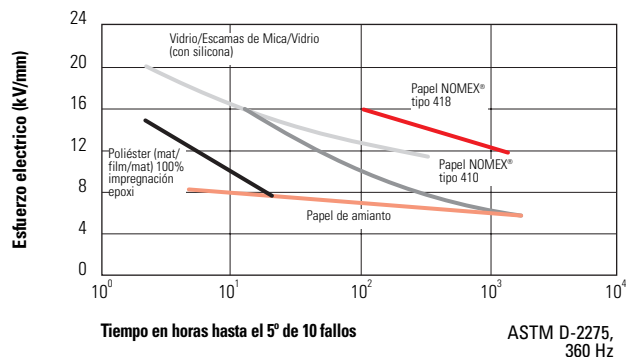
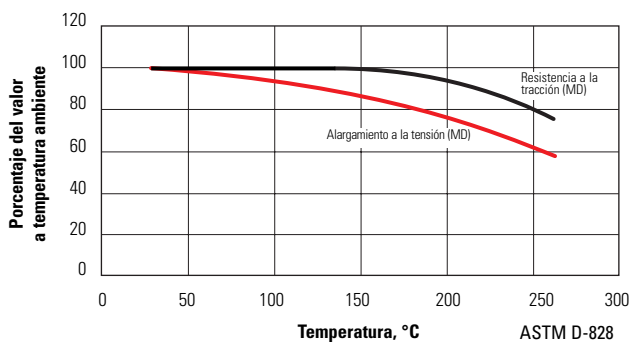


Figura 4 - **EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE NOMEX® TIPO 418 - 0,13 MM,**



Propiedades térmicas

Las gráficas de Arrhenius del envejecimiento térmico de NOMEX® quedan recogidas en las Figuras 7,8 y 9 de la Hoja de Características Técnicas de NOMEX® tipo 410. Un envejecimiento similar de NOMEX® tipo 418 y NOMEX® tipo 419 a altas temperaturas ha resultado en su homologación como materiales de aislamiento a 220°C.

La Figura 5 recoge la conductividad térmica del papel NOMEX® tipo 418 - 0,25 mm. La construcción del sistema en conjunto también puede afectar la conductividad térmica total, por lo cual los valores indicados para las hojas individuales deben utilizarse con sumo cuidado en condiciones reales. Así por ejemplo, dos aislamientos de placa con las mismas conductividades térmicas pueden tener efectos muy distintos sobre la transferencia térmica de un bobinado, debido a diferencias de rigidez o de tensión de arrollamiento que afectan al espacio entre las capas aislantes o a diferencias en la absorción de los barnices de impregnación.

Estabilidad química

La compatibilidad de los papeles y cartones prensados NOMEX® con prácticamente todos los barnices y adhesivos eléctricos (poliamidas, siliconas, epóxidos, poliésteres, acrílicos, fenólicos, cauchos sintéticos, etc.) y con los demás componentes de equipos eléctricos queda demostrada por los numerosos sistemas de aislamiento incorporando NOMEX® reconocidos por UL y por una larga experiencia comercial. Los papeles NOMEX® tipo 418 y tipo 419 quedan específicamente incluidos en dichos sistemas; son así mismo plenamente compatibles con los fluidos de transformadores (aceites mineral y de silicona) y con lubricantes y refrigerantes utilizados en los dispositivos herméticos.

Tabla II – PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS

Tipo	418					419		
	3	5	8	10	14	7	13	
Espesor nominal (mil) (mm)	0.08	0.13	0.20	0.25	0.36	0.18	0.33	
Espesor Típico ¹⁾ (mil) (mm)	3.1 0.08	5.2 0.13	8.1 0.21	10.6 0.27	14 0.36	8.1 0.20	13.8 0.35	
Peso Base ²⁾ (g/m ²)	89.2	148.4	236.8	301.3	396.7	91.5	152.3	
Densidad (g/cm ³)	1.13	1.13	1.15	1.12	1.12	0.45	0.44	
Resistencia a la tracción ³⁾ (N/cm)	MD	29	52	87	111	149	18	30
	XD	19	35	60	78	102	12	20
Alargamiento ³⁾ (%)	MD	2.4	2.9	3.7	3.8	3.0	1.83	1.99
	XD	2.8	3.2	3.7	3.8	3.5	2.09	2.40
Desgarro Elmendorf ⁴⁾ (N)	MD	1.1	2.2	3.6	4.9	5.9	0.8	1.4
	XD	1.6	2.9	4.8	6.3	7.8	1.0	1.8
Resistencia al desgarro inicial ⁴⁾ (N)	MD	8	16	26	34	38	5	8
	XD	5	10	18	24	21	3	6
Retracción a 300°C (%)	MD	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3		
	XD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		
Retracción a 240°C (%)	MD						0.1	0.1
	XD						0.0	0.0

¹⁾ ASTM D-374, Método D; 17 N/cm² para NOMEX® tipo 418 y TAPPI 411, con 5 N/cm² para NOMEX® tipo 419.

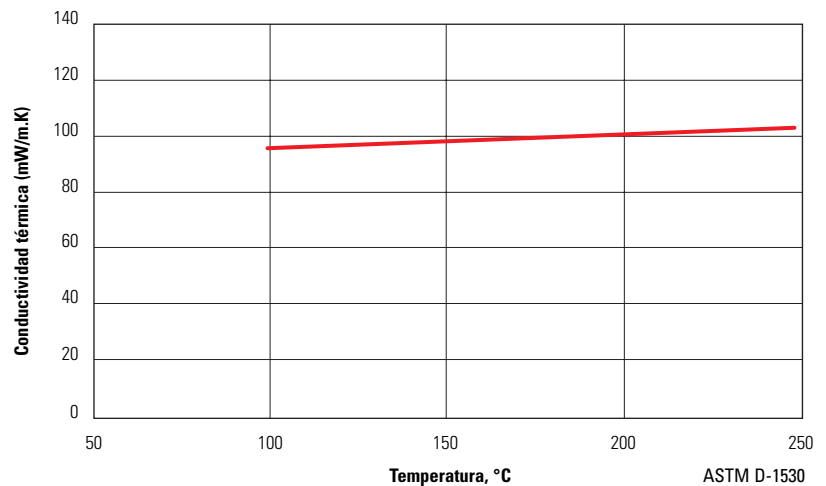
²⁾ ASTM D-646

³⁾ ASTM D-828

⁴⁾ TAPPI 414

⁵⁾ Los valores se indican en el sentido de la muestra para ASTM D-1004. El desgarro está a 90° del sentido de la muestra, por tanto, los papeles con una elevada resistencia al desgarro inicial serán más resistentes en el sentido transversal.

Figura 5 – CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA NOMEX® TIPO 418 - 0,25 MM,



ASTM D-1530

El Índice de Oxígeno Crítico (IOC) de NOMEX® tipo 418 - 0,13 mm es de 63% a temperatura ambiente y va descendiendo hasta 52% a 220°C. Los papeles más gruesos presentarán un IOC ligeramente superior. Los materiales con un IOC por encima de 20,8% no sostienen la combustión. Como puede verse en la Figura 6, NOMEX® tipo 418 - 0,13 mm debe ser expuesto a temperaturas superiores a los 700°C para que su IOC descienda por debajo del umbral de inflamabilidad. La Tabla III muestra los efectos de 64 Mgy (6.400 megarads) de radiación beta de 2 MeV sobre las propiedades mecánicas y eléctricas del papel NOMEX® tipo 418. (En comparación, un laminado de película y entramado de poliéster del mismo grosor, impregnado al 100% de epóxido, se desmoronó a partir de 800 megarads u 8 Mgy.) Se obtuvieron resultados muy parecidos con exposiciones a radiación gamma. Esta notable resistencia a la radiación es otra señal indicadora de la estabilidad química básica de los papeles NOMEX®.

Tabla III – **RESISTENCIA A RADIACIÓN BAJO 2 MEV DE ELECTRONES (RAYOS BETA) NOMEX® TIPO 418 - 0,25 MM**

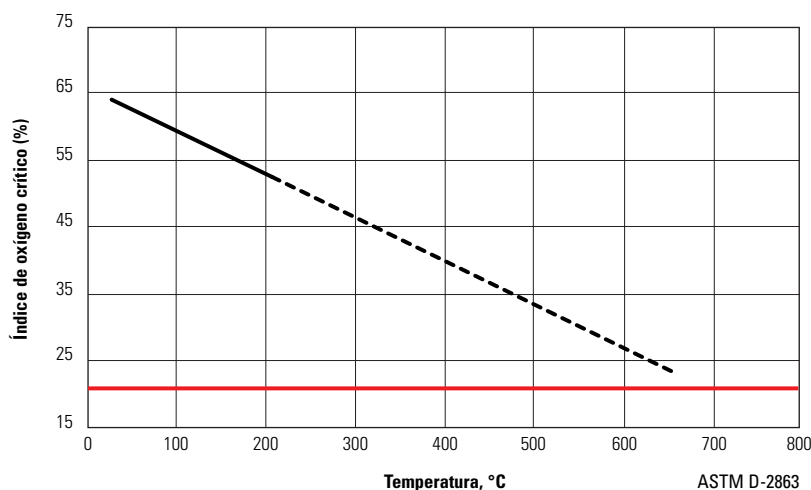
Dosis (MGy)		0	1	2	4	8	16	32	64
Résist. a la Tracción ¹⁾ (% del original)	MD	100	96	100	100	100	100	87	88
	XD	100	99	100	91	93	90	96	78
Alargamiento ¹⁾	MD	100	100	100	91	64	46	46	27
	XD	100	86	93	79	64	43	50	21
Resistencia Dieléctrica ²⁾ (kV/mm)		54	54	55	54	48	53	56	52
Constante Dieléctrica ³⁾	60 Hz	3.9	3.6	3.8	3.9	3.5	3.4	2.5	2.9
	1 Hz	3.3	3.0	3.3	3.4	3.1	3.0	2.3	2.7
	10 Hz	2.9	2.7	2.9	3.0	2.7	2.7	2.1	2.6
Factor Dieléctrico ³⁾ (x 10 ⁻³)	60 Hz	103	94	79	93	87	95	67	48
	1 Hz	96	93	82	91	82	83	53	40
	10 Hz	76	81	75	85	76	73	40	31

¹⁾ ASTM D-828

²⁾ ASTM D-149 con electrodos de 6,4 mm de diámetro

³⁾ ASTM D-150

Figura 6 – **ÍNDICE DE OXÍGENO CRÍTICO (IOC) NOMEX® TIPO 410 - 0,25 MM,**



DuPont NOMEX®
P.O. Box 50
CH-1218 le Grand Saconnex
Ginebra, Suiza
Tel: ++41 22 717 5111
Fax: ++41 22 717 6218
e-mail:
info.nomex@che.dupont.com

DuPont NOMEX®
ARCO Tower
8-1, Shimomeguro I-chome
Meguro-ku, Tokyo 153
Japón
Tel: ++81 3 5434 6609
Fax: ++81 3 5434 6605

DuPont NOMEX®
1122 New World Office Building
East Wing
24 Salisbury Road
Tsimshatsui
Kowloon
Hong Kong
Tel: ++852 2734 5363
Fax: ++852 2734 5486
e-mail:
SullaS.F.Wang@HKG.dupont.com

DuPont NOMEX®
Customer Inquiry Center
5401 Jefferson Davis Highway
Richmond, VA 23234
EE UU
Tel: ++1 800 453 8527
++1 804 383 4400
Fax: ++1 804 787 7086
++1 804 383 3963
e-mail:
afscdt@usa.dupont.com

DuPont NOMEX®
P.O. Box 2200
Streetsville Postal Station
7070 Mississauga Road
Mississauga, Ontario, L5M 2H3
Canadá
Tel: ++1 905 821 5193
Fax: ++1 905 821 5177

DuPont do Brasil SA
Departamento AFS/NOMEX® Paper
Al. Itapecuru, 506
Alphaville
Barueri, SP
CEP 06454-080
Brasil
Tel: ++55 11 4166 8295
Fax: ++55 11 4166 8904
e-mail:
Fabio-Almeida.Oliveira@bra.dupont.com

www.dupont.com/nomex

Información sobre la seguridad de los productos a solicitud.
La información aquí reseñada corresponde a los datos más exactos de que actualmente disponemos. Esta información se ofrece a título indicativo y exclusivamente para proporcionar sugerencias para su propia experimentación. No se pretende sustituir las pruebas que Udes. deban efectuar para determinar la elección de nuestros productos para sus necesidades particulares. Estos valores son susceptibles de modificación a medida que se obtengan datos y experiencia nueva. Ya que no es posible realizar un control sobre las condiciones particulares de utilización de nuestros productos, DuPont no asume ninguna obligación sobre resultados ni responsabilidad alguna referente a la utilización de esta información. Por otro lado y en ningún caso, la presente publicación debe interpretarse como una licencia de uso ni como medio para violar los derechos de patentes existentes.

02/01
L-12288-6

