



3M Ciencia.
Aplicada a la vida.™

Las Ventajas de la Tecnología Contráctil en Frío frente a la Termorretráctil

Autor: Bill Taylor, Ingeniero de Desarrollo de Productos de 3M Jubilado

Persona de Contacto: George Fofeldea, Ingeniero de Aplicaciones de 3M

Julio de 2023

Breve Historia

Los accesorios para cables termorretráctiles y contráctiles en frío se desarrollaron en la década de 1960 debido a la introducción de cables con aislamiento de caucho y polietileno. Ambas tecnologías usan material reticulable que se expande y vende en estado expandido. La tecnología termorretráctil utiliza calor para contraerse sobre el cable y la tecnología contráctil en frío usa las propiedades mecánicas de las gomas, lo que le permite contraerse sobre el cable sin calor externo. Como ambas tecnologías se contraen sobre el cable, pueden parecer similares, pero sus características de rendimiento clave son muy diferentes. Antes de analizar de manera más detallada cómo funcionan estas tecnologías, veremos brevemente la historia de 3M con los productos contráctiles en frío.

Historia de la Tecnología Contráctil en Frío de 3M

3M no solo inventó la tecnología contráctil en frío, sino que ha trabajado continuamente durante muchas décadas para mejorar la tecnología y ampliar sus capacidades. En los años posteriores al desarrollo de la tecnología contráctil en frío en 1968, 3M ha realizado avances en los empalmes y terminaciones contráctiles en frío para aplicaciones de media tensión hasta 35 kV.

El claro éxito de la tecnología contráctil en frío ha llevado a que muchas otras empresas ofrezcan productos contráctiles en frío similares. Pero el amplio historial y experiencia de 3M en productos contráctiles en frío proporciona a 3M unos conocimientos en tecnología contráctil en frío que no tienen otras empresas a la hora de desarrollar nuevos productos contráctiles en frío. De hecho, muchos de nuestros productos de media tensión contráctiles en frío han estado en uso durante más de 40 años, un nivel de experiencia histórico.

Índice

Explicación de cómo funcionan las tecnologías	4-6
Ventajas de la tecnología contráctil en frío frente a la termorretráctil	7-8
Consejos y trucos de instalación	9
No todos los productos contráctiles en frío se fabrican igual	10
Resumen	11
Referencias	12

Explicación de cómo funcionan las tecnologías

Analicemos de forma más detallada cómo funciona cada tecnología, para poder entender las diferencias entre la tecnología contráctil en frío y la termorretráctil y sus distintos rendimientos.

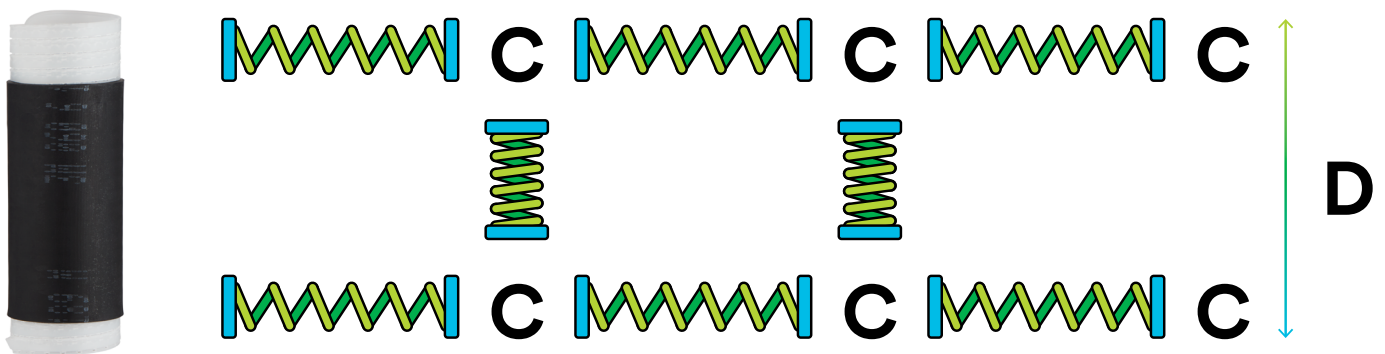
Los productos contráctiles en frío suelen usar materiales de caucho como la silicona o el monómero de etileno propileno dieno (EPDM), mientras que los productos termorretráctiles suelen usar materiales de tipo plástico como el etilvinilacetato (EVA), Kynar® fluoruro de polivinilideno (PVDF) u otros tipos de materiales similares. Todos estos materiales son reticulables, lo que les permite estirarse y luego volver a contraerse sobre el cable.

La reticulación de estos materiales forma uniones entre las moléculas de cadena larga, que actúan como muelles que intentan contraer el material otra vez a su diámetro original (consulte la Figura 1). De hecho, ninguno de los materiales volverá a su diámetro original y la medida a la que se contraen (superior al diámetro original) se denomina deformación permanente del material. Todos los productos están diseñados teniendo en cuenta esta deformación permanente al indicar la gama de aplicaciones del producto. Tanto para los materiales de contracción en frío como para los termorretráctiles, existe un diámetro mínimo y máximo para cada accesorio. El diámetro mínimo se basa en la deformación permanente del material y el diámetro máximo se basa en un porcentaje de expansión máximo de aplicación para reducir la posibilidad de rotura.

Los materiales termorretráctiles tienen regiones cristalinas que mantienen la rigidez del material. Para fabricar los productos, el material en su estado final se calienta por encima de la temperatura de fusión de estas regiones cristalinas, lo que permite que el material se expanda. Una vez en estado expandido, el producto se enfría para que las regiones cristalinas se vuelvan a formar y mantengan el producto expandido. Para instalar los productos termorretráctiles, el producto se calienta a una temperatura que funde las regiones cristalinas para que las uniones reticuladas puedan funcionar y contraer el producto. Cuando el producto se contrae, se deja de aplicar calor y las regiones cristalinas se forman nuevamente, lo que hace que el producto se quede con su última forma contraída. Normalmente, estas regiones cristalinas se derriten entre 90 y 110 °C. Dado que estos productos se instalan en el exterior del aislamiento del cable, no deberían experimentar estas temperaturas durante el funcionamiento normal.

Debido a las regiones cristalinas, los productos termorretráctiles no ejercen presión interior una vez se han contraído a su configuración final, razón por la cual los productos termorretráctiles usan masillas y adhesivo para proporcionar sellado medioambiental. Esto significa que los productos termorretráctiles no se expanden ni contraen con el aislamiento del cable, según pasa por ciclos de carga. Con el tiempo, esto puede provocar problemas con los accesorios termorretráctiles.

Productos Contráctiles en Frío



- Uniones reticuladas actúan como “muelles”
- Todas las uniones moleculares y atómicas se expanden

Figura 1: Muestra simbólica de cómo las uniones reticuladas actúan como muelles

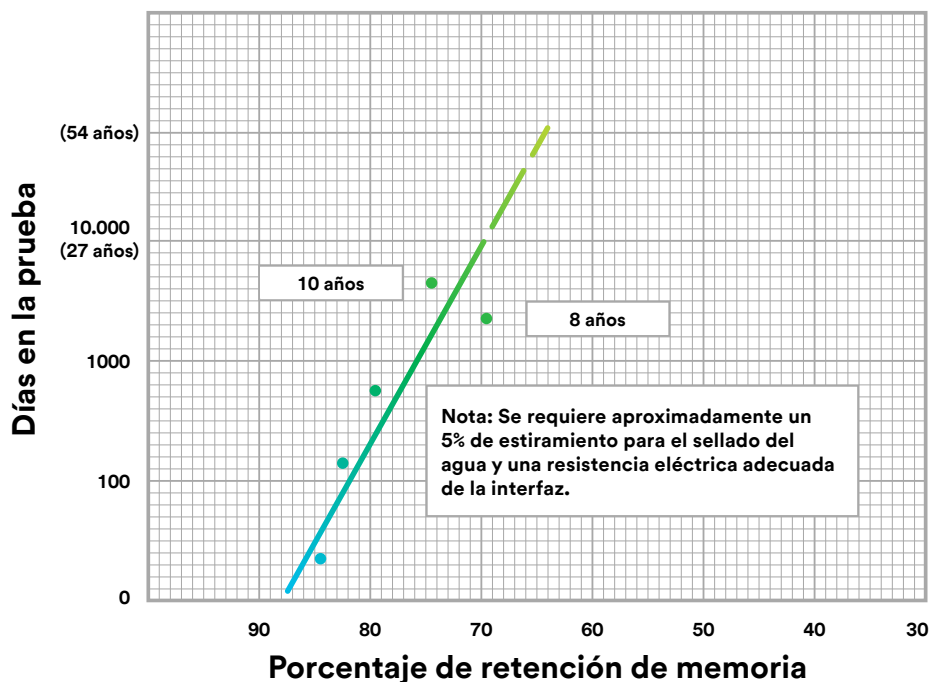


Figura 2: Gráfico del documento que muestra la proyección de la presión de conexión de los productos contráctiles en frío de 3M™

Cuando un cable se expande térmicamente, también se expande el material termorretráctil, pero, debido a la rigidez del material termorretráctil y las regiones cristalinas, cuando el aislamiento del cable se contrae debido a la menor corriente y temperatura ambiente, el material termorretráctil no se contrae con él. Después de unos 8 o 10 años, esto puede provocar un problema en la interfaz de los accesorios de media tensión. Un cliente utilizó empalmes termorretráctiles grandes en una aplicación aérea (porque no había empalmes contraíbles en frío de un tamaño que se adaptara a su conector extralargo), pero después de 8 años de uso, se producían fallos frecuentes en forma de arcos en la interfaz con clima frío.

Los productos contráctiles en frío se diferencian de los productos termorretráctiles en que los materiales reticulados siempre intentan contraer a un diámetro menor y, por tanto, siempre ejercen una presión interior sobre el objeto sobre el que se contraen. Ejercen presión interior sobre el núcleo en el que son transportados, por lo que el núcleo se debe diseñar para que no colapse con la presión interior del producto. Cuando se retira el núcleo, el accesorio se contrae en el cable sin calor ni ninguna otra fuerza externa. Una vez colocados en el cable, los productos contráctiles en frío están diseñados para proporcionar presión interna durante más de 50 años, como se muestra en la Figura 2.

Esta presión interna permite que los productos contráctiles en frío se expandan y contraigan con el cable. A medida que el cable se expande con temperaturas más altas debido a la temperatura ambiente y las corrientes más altas, el contráctil en frío se expande hacia afuera, lo que aumenta ligeramente la presión de conexión entre el producto contráctil en frío y el cable. Como el cable se contrae cuando disminuye la carga y/o la temperatura ambiente, los productos contráctiles en frío también se contraen con el cable para mantener una presión de conexión alta entre el cable y el producto. La presión interna proporciona un excelente rendimiento eléctrico y un excelente sellado medioambiental, sin el uso de masillas o adhesivos. Se pueden usar masillas para aumentar la gama de aplicaciones o incrementar el diámetro de un cable para que esté dentro de la gama de aplicaciones del producto contráctil en frío, pero no son necesarias para obtener un sellado medioambiental excelente.

Todas las razones mencionadas anteriormente explican por qué 3M recomienda accesorios de cable contráctiles en frío para aplicaciones de media tensión.



Figura 3: 3M™ Kit de Terminación Contráctil en Frío QT-III Serie 7673-S para 69/72,5 kV

Ventajas de la Tecnología Contráctil en Frío Frente a la Termorretráctil

Además del hecho de que la tecnología contráctil en frío ofrece una presión interfacial excelente y un «sellado activo» frente a la tecnología termorretráctil, que no ofrece presión de conexión y debe usar masilla y/o adhesivos para sellar, los productos contráctiles en frío ofrecen muchas otras ventajas.

Después de instalar los productos termorretráctiles, no se deben mover ni doblar, ya que podría afectar al sellado medioambiental o la conexión entre los aislamientos de los productos. Las regiones cristalinas del material termorretráctil lo hacen muy rígido y duro e impiden que pueda contraerse sobre el cable o que ejerza presión interior. Sin embargo, los productos contráctiles en frío se pueden doblar hasta el radio de curvatura máximo del cable y continuarán ejerciendo presión interna sobre el cable y seguirán funcionando. La Figura 3 muestra terminaciones de 69 kV que están en la posición doblada y funcionando.

Los accesorios termorretráctiles de media tensión normalmente se deben instalar en muchas más partes que los accesorios contráctiles en frío comparables. Esto podría provocar más errores de instalación, porque hay más componentes que se pueden colocar mal o que se olviden de instalar. Además, estos componentes adicionales se suman al tiempo de instalación, que es bastante mayor para los productos termorretráctiles que para los productos contráctiles en frío. La Figura 4 muestra los componentes termorretráctiles necesarios para una terminación de una terminación de dos aletas y la Figura 5 muestra que para lograr el mismo resultado solo hay que instalar un componente contráctil en frío. La figura 6 muestra los componentes de un kit de empalme termorretráctil de media tensión y la figura 7 muestra los componentes de un kit de empalme contráctil en frío de media tensión correspondiente.



Figura 4: 3M™ Terminación Termorretráctil de Media Tensión



Figura 5: 3M™ Terminación de Goma de Silicona Contráctil en Frío QT-III 7642-S-2



Figura 6: 3M™ Kit de Empalme Termorretráctil de Media Tensión



Figura 7: 3M™ Kit de Empalme Contráctil en Frío QS-III 5467A

Ventajas de la Tecnología Contráctil en Frío Frente a la Termorretráctil

Tecnología Contráctil en Frío

Tecnología Termorretráctil



Fiabilidad

Proporciona un excelente «sellado activo» y una presión interfacial mucho mayor que la de cualquier otro accesorio, lo que ayuda enormemente a garantizar una larga vida útil del accesorio

No ejerce presión interfacial, se debe usar masilla y/o adhesivos para sellar y puede fallar con el tiempo debido a la expansión y contracción térmica del cable



Funcionalidad

- Los productos contráctiles en frío se pueden doblar hasta el radio de curvatura máximo del cable y continuarán ejerciendo presión interna sobre el cable y seguirán funcionando
- Disponible para cables de transporte hasta 245 kV
- El material usado para la parte exterior de las terminaciones contráctiles en frío, la goma de silicona, es inherentemente hidrofóbico y resistente al tracking

- No se puede mover ni doblar, ya que podría afectar al sellado medioambiental o a la interfaz entre lo aislamiento de los productos de media tensión
- Limitado a un máximo de 72 kV
- Los materiales de las terminaciones termorretráctiles deben tener aditivos que los hagan hidrofóbicos y resistentes al contorneo



Instalación

- Una sola pieza para instalar; se puede hacer de manera rápida y eficaz (los estudios de laboratorio cronometrados confirman la ventaja de velocidad)
- No se necesita una fuente de calor
- No se requiere permiso para trabajar a altas temperaturas o con llama abierta
- No se necesitan ventiladores de extracción en las bóvedas
- Menor tiempo de instalación
- Los empalmes o terminaciones contráctil en frío se contraen uniformemente por sí mismos al quitar el núcleo y se colocan fácilmente
- Sin emisiones de gases

- Hay muchos componentes que instalar, lo que puede provocar errores de instalación en función de la experiencia del técnico y puede llevar más tiempo
- Se requiere una botella de gas pesada o una fuente de calor; los trabajadores y otros accesorios y cables tienen el riesgo de sufrir daños
- Se requiere permiso para trabajar a altas temperaturas o con llama abierta
- Es posible que se requieran ventiladores de extracción para garantizar que no se acumulan gases combustibles durante la instalación y puede que sea necesario un equipo de protección individual (EPI) adecuado adicional en función de las prácticas de su empresa
- Más tiempo de instalación
- La forma uniforme y el espesor de la pared dependen de una aplicación adecuada de calor radial en unas condiciones de trabajo difíciles



Coste

- Menos caro en general: más rentable y rápido de instalar, mejor rendimiento eléctrico y mayor fiabilidad

- Más caro: mayor tiempo de instalación, permisos, tiempo de permiso, mantenimiento y productos adicionales como adhesivos y masillas termofusibles



Consejos y trucos de instalación

Los productos termorretráctiles se deben calentar uniformemente en todos los sentidos para conseguir una buena instalación y asegurarse de que toda la masilla fluya correctamente para proporcionar un sellado hermético. Cuando se aplica calor a los materiales termorretráctiles, pueden calentarse de manera desigual, por ejemplo, solo desde el lado frontal o superior, debido a unas condiciones de trabajo difíciles, la experiencia del instalador, un compartimiento de cables estrecho u otras construcciones y cables que se interponen en el camino del soplete. Esto provoca marcas de quemaduras, diferencias significativas del espesor de la pared del aislamiento, pero también masillas y adhesivos termofusibles que no se activan debido a la falta de calor a través del material termorretráctil. Una vez instalado un accesorio termorretráctil, no se debe doblar porque el sellado podría verse afectado.

Los accesorios contráctiles en frío suelen tener un diseño de goma de una pieza que se contrae en el cable cuando se retira el núcleo de soporte. La instalación es fácil y sencilla, ya que basta con alinear el accesorio en la posición correcta y retirar el núcleo de soporte. Ha habido algunas quejas de que a veces el núcleo de soporte se atasca. Los siguientes consejos y trucos evitarán que el núcleo se atasque y permitirán una instalación fácil y correcta. En primer lugar, haga que el accesorio contráctil en frío se contraiga lentamente hasta que solo toque el cable. Luego se puede girar el accesorio para alinearlo con el marcador de cinta. Una vez colocado el accesorio, si se quitan algunas vueltas adicionales del núcleo de soporte se fijará el accesorio. La mejor manera de quitar el núcleo de soporte es mover el extremo del núcleo alrededor del cable en el sentido contrario a las agujas del reloj y luego dar un tirón corto. Este método mantiene el núcleo de soporte alejado del cable y del conector o terminal. Tenga cuidado, si tira mucho del núcleo, puede hacer que el núcleo se atasque en el cable. Si esto ocurre, enrolle más la cinta del núcleo alrededor del cable en el sentido contrario a las agujas del reloj para evitar que se atasque la cinta del núcleo de soporte. Además, al retirar el núcleo de soporte, toque solo la cinta del núcleo de soporte y no el propio accesorio, ya que esto permitirá que el accesorio se instale en la ubicación correcta.

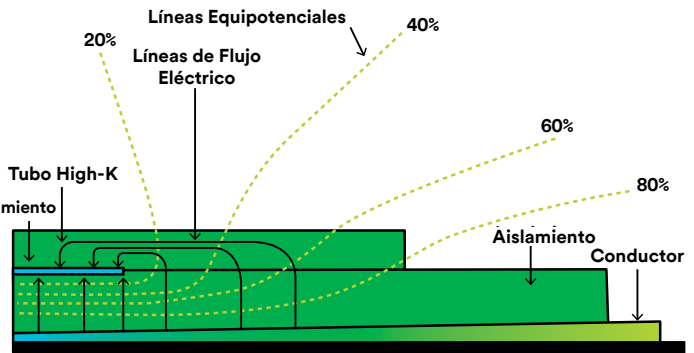
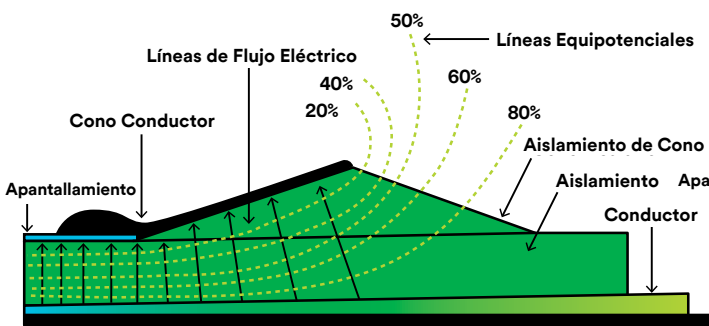
No todos los productos Contráctiles en Frío se fabrican igual (Ventajas de 3M)

Como 3M inventó la tecnología contráctil en frío y se ha dedicado a ella durante más de 50 años, tenemos más experiencia que la mayoría, lo cual es muy valioso a la hora de diseñar productos contráctiles en frío. La tecnología que 3M prefiere para accesorios de cables de media tensión es la contráctil en frío, porque creemos que es la mejor tecnología para esta aplicación.

Todas las terminaciones contráctiles en frío de media tensión de 3M usan control de campo de alta constante dieléctrica porque es uno de los mejores métodos de control del campo eléctrico. La mayoría de las terminaciones contráctiles en frío que venden otros fabricantes utilizan un control de campo geométrico para las terminaciones de media tensión, porque es más fácil de desarrollar y fabricar. Los siguientes diagramas de campo eléctrico muestran terminaciones que usan control de campo geométrico en la Figura 8 y control de campo de alta constante dieléctrica en la Figura 9.

Figura 8: Control de Tensión Geométrico

Figura 9: Control de Campo de Alta Constante Dieléctrica

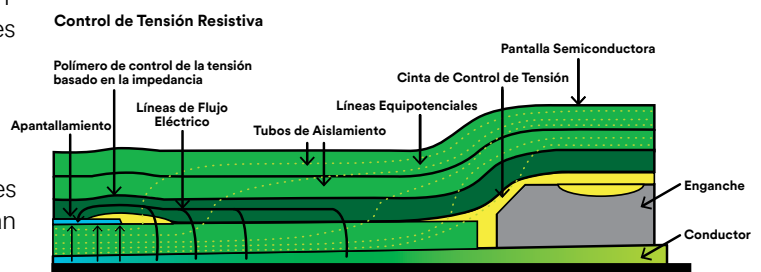


Como sabemos, en los diagramas de campo eléctrico, cuanto más juntas están las líneas equipotenciales, mayor es el estrés eléctrico, porque la intensidad de campo eléctrico es solo la tensión dividida por la distancia. Cuando más cerca estén las líneas, mayor diferencial de tensión existirá en una distancia más corta y, por tanto, mayor intensidad de campo. Según las figuras, es obvio que el control de campo de alta constante dieléctrica extiende las líneas equipotenciales de modo que la concentración de campo superficial en la terminación es bastante menor. La figura del control de tensión geométrico muestra cómo este tipo de control de tensión soluciona la concentración de campo con aislamiento adicional, pero las líneas equipotenciales aún están muy juntas, por lo que la concentración de campo superficial en la terminación es mucho mayor, lo que puede provocar tracking en zonas muy contaminadas y requiere una terminación más larga para cumplir los requisitos de las normas eléctricas. Un documento técnico de 3M titulado "Control de Campo geométrico frente a capacitivo: elección de los accesorios de terminación de los cables para ayudar a reducir la tensión eléctrica",² facilita datos de prueba que comparan las terminaciones geométricas con las terminaciones de control de tensión dieléctrica alta.

Los datos demuestran que las terminaciones de tensión dieléctrica alta funcionan mejor. Otro tipo de control de la tensión eléctrica es el resistivo. El control de tensión resistivo depende en gran medida del instalador y se usa en algunos accesorios termorretráctiles. Este tipo de control de tensión usa una cinta sensible a la dirección que se debe instalar de modo que no haya vacíos de aire en el paso del semiconductor del cable. El control de campo resistivo también requiere una mayor longitud para funcionar correctamente, por lo que los accesorios suelen ser más largos. Al igual que la mayoría de los accesorios termorretráctiles, el encintado correcto es una parte muy importante del proceso de instalación.

3M ofrece muchas opciones de empalme contráctil en frío para que los clientes puedan elegir la más adecuada para su aplicación. Los empalmes pueden usar control de campo resistivo de campo de alta constante dieléctrica o geométrico. En comparación con la competencia, 3M ofrece opciones integradas con menos componentes. Cuantos más componentes haya, existen más oportunidades de errores del instalador. Además, los empalmes de 3M tienen más tolerancias de instalación y ofrecen un buen rendimiento eléctrico y térmico. Todos los empalmes de 3M tienen un historial largo y fiable. 3M inventó el primer empalme contráctil en frío y ha desarrollado empalmes adicionales conforme lo ha necesitado el sector. Con 3M, puede elegir el empalme o empalmes que mejor se adapten a sus aplicaciones y estar seguro de que serán fiables y fáciles de instalar.

Figura 10: Control de Campo Resistivo



Resumen

La tecnología contráctil en frío tiene muchas ventajas respecto a la tecnología termorretráctil, desde la facilidad y rapidez de instalación hasta el rendimiento y la fiabilidad. Estas ventajas son posibles gracias al diseño del accesorio y las propiedades del material. Según nuestra experiencia y la de muchos usuarios finales que usan exclusivamente accesorios de media tensión contráctiles en frío, los accesorios contráctiles en frío son la mejor opción para todos los cables de media tensión. Únase al futuro. Descubra lo que la tecnología contráctil en frío puede hacer por usted.

Datos técnicos: La información técnica, orientaciones y otras declaraciones contenidas en este documento o proporcionadas por 3M se basan en registros, pruebas o experiencia que 3M considera fiable, pero la precisión, integridad y naturaleza representativa de dicha información no está garantizada. Dicha información está destinada a personas con conocimientos y habilidades técnicas suficientes para evaluar y aplicar su propio criterio ante dicha información. Con esta información no se otorga, ni de manera expresa ni implícita, licencia alguna bajo ningún derecho de propiedad intelectual de 3M ni de terceros.

Elección del producto y uso: En una aplicación concreta, son muchos los factores que escapan al control de 3M, que solo el usuario conoce y controla, y que pueden influir en el uso y el rendimiento de un producto 3M. Como resultado, el cliente es el único responsable de evaluar el producto y determinar si es adecuado y apto para la aplicación que tiene en mente, incluido evaluar los peligros del lugar de trabajo y revisar todos los estándares y las normativas aplicables (por ejemplo, OSHA, ANSI, etc.). No evaluar, seleccionar, ni usar correctamente un producto de 3M de acuerdo con las instrucciones correspondientes y con el equipo de seguridad apropiado, o no cumplir todas las normativas de seguridad aplicables, puede provocar lesiones, enfermedades, muerte o daños materiales.

Garantía, limitación de responsabilidad y renuncia: Salvo que se indique específicamente una garantía distinta en el embalaje del producto 3M o en la documentación de este (en cuyo caso prevalecerá dicha garantía), 3M garantiza que cada producto 3M cumple con las especificaciones del producto 3M aplicables en el momento en que 3M envía el producto. 3M NO OFRECE NINGUNA OTRA GARANTÍA NI CONDICIÓN EXPRESA O TÁCITA, INCLUYENDO, PERO SIN LIMITARSE A ELLO, GARANTÍAS O CONDICIONES TÁCITAS DE COMERCIABILIDAD O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR O CUALQUIER OTRA GARANTÍA TÁCITA O CONDICIÓN QUE SURJA EN LA NEGOCIACIÓN, COSTUMBRE O USOS DEL COMERCIO. Si un producto 3M no cumple esta garantía, el único y exclusivo remedio sería, a decisión de 3M, sustituir o reparar el producto 3M o reembolsar el precio de compra. Las reclamaciones de la garantía deben realizarse en el plazo de un (1) año a partir de la fecha de envío de 3M.

Limitación de responsabilidades: Excepto por la limitación de remedio establecida arriba y excepto en la medida en que lo prohíba la ley aplicable, 3M no será responsable de ninguna pérdida o daño que puedan surgir de un producto 3M o en relación con él, directo, indirecto, especial, accidental o consecuente (incluidos, pero sin limitarse a ellos, la pérdida de beneficios o la oportunidad de negocio), independientemente de la teoría jurídica o equitativa reivindicada, incluidos, sin limitarse a ello, la garantía, contrato, negligencia o responsabilidad estricta.

Descargo de responsabilidad: Los productos industriales y profesionales de 3M están concebidos, etiquetados y empaquetados para su venta a clientes industriales y profesionales debidamente formados para su uso en el lugar de trabajo. A menos que se indique específicamente lo contrario en el embalaje o en la documentación del producto que corresponda, estos productos no están concebidos, etiquetados o empaquetados para su venta o uso por consumidores (por ejemplo, para uso doméstico o personal, en escuelas primarias o secundarias, para uso recreativo/deportivo u otros usos no descritos en el embalaje o en la documentación que acompaña el producto que corresponda) y deben seleccionarse y usarse de acuerdo con los reglamentos y normas de salud y seguridad aplicables (por ejemplo, OSHA de EE. UU., ANSI), y según la documentación del producto, instrucciones de uso, advertencias y limitaciones, y el usuario tiene que tomar las medidas necesarias conforme a cualquier recordatorio, acción de campo u otra nota de uso del producto. El uso indebido de productos industriales y profesionales de 3M puede provocar lesiones, enfermedades o muerte. Si necesita ayuda para seleccionar y usar el producto, consulte al profesional de seguridad o al higienista industrial de su organización o a otros expertos en la materia. Para obtener más información acerca de los productos, visite www.3M.com

Descargo de responsabilidad del contenido: Bill Taylor, antiguo trabajador de 3M y miembro o funcionario de IEEE/PES/ICC, participó y facilitó información en este documento técnico. Bill también recibió una compensación de 3M por su participación y la información que ha facilitado en este documento.

Referencias

1 "Experiencia de campo y de prueba con las terminaciones elastoméricas" de H. C Hervig, 3M

2 "Control de Campo Geométrico frente a Capacitivo: elegir de los accesorios de terminación de cables para ayudar a reducir la concentración de campo eléctrico" de George Fofeldea

