

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 583 986**

51 Int. Cl.:

H01B 9/02 (2006.01)

H01B 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2005** **E 05777621 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** **EP 1905045**

54 Título: **Cable que tiene un forro pelable expandido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.09.2016

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
VIALE SARCA 222
20126 MILANO, IT

72 Inventor/es:

CINQUEMANI, PAUL ;
MAUNDER, ANDREW ;
VEGGETTI, PAOLO;
BAREGGI, ALBERTO y
BELLI, SERGIO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 583 986 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cable que tiene un forro pelable expandido

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere, en general, a cables de alimentación de energía que tienen forros exteriores poliméricos. Más específicamente, la presente invención se refiere a cables de alimentación de energía que tienen elementos neutros concéntricos incrustados en sus forros o vainas exteriores.

Antecedentes

- 10 Los cables de alimentación de energía eléctrica tienen típicamente un forro exterior, o vaina, que rodea el exterior del cable y proporciona la protección térmica, mecánica y ambiental a los elementos conductores que se encuentran en su interior. Los forros exteriores a menudo comprenden polietileno, cloruro de polivinilo, o nilón.

- 15 Los cables diseñados para la distribución de media tensión (generalmente de 5 kV a 46 kV), tales como los cables de alimentación de energía o los diseñados para la distribución subterránea residencial o primaria, tienen generalmente un forro polimérico no expandido formado en una única capa. Estos cables pueden incluir también elementos, hilos o correas planas, por ejemplo, formados dentro del forro y dispuestos concéntricamente alrededor del eje del cable y helicoidalmente a lo largo de su longitud. Estos elementos, también llamado "neutros concéntricos" o "servidores de hilos," proporcionan una trayectoria de corriente de retorno para acomodar los fallos. Los elementos normalmente necesitan tener la capacidad de transportar altas corrientes eléctricas (miles de amperios) de una duración corta (60 ciclos / segundo o menos) durante una situación de emergencia hasta que un sistema de relé pueda interrumpir el sistema de distribución.

- 20 La figura 1 es un diagrama en sección transversal de un cable con elemento neutro concéntrico convencional. El cable 100 contiene un conductor 110, un blindaje semiconductor 115 del conductor, una capa de aislamiento 120, un blindaje 125 del aislamiento, un forro exterior 130, y elementos neutros concéntricos 150. Los elementos neutros concéntricos 150 sirven como un trayecto de corriente de retorno neutro y deben ser dimensionados en consecuencia. El blindaje 125 del aislamiento se fabrica generalmente de una capa semiconductor extruida que rodea a la capa de aislamiento 120. El conductor 110 sirve para distribuir energía eléctrica a lo largo del cable 100.

- 25 Los forros para los cables con neutros concéntricos son extruidos típicamente bajo presión durante la fabricación del cable. Este proceso, conocido como "extrusión de relleno" conduce a una capa de polímero termoplástico encapsulado que rodea el cable. La extrusión a presión hace que el material polimérico rellene las zonas intersticiales entre y alrededor de los elementos neutros. Además, los materiales típicamente seleccionados para un tratamiento de este tipo, tal como un polietileno, tienen una tendencia a contraerse después de la extrusión y de esta manera mantener un agarre firme sobre el núcleo del cable. Además, el uso de forros poliméricos de extrusión de relleno se emplea comúnmente para proporcionar una buena protección contra la tensión circular, para bloquear los neutros concéntricos, soportar temperaturas razonables durante situaciones de fallo, y proporcionar una buena protección mecánica. De hecho, los forros en la distribución residencial subterránea deben ser lo suficientemente robustos como para manejar los rigores mecánicos de instalación en de zanjas de enterramiento directo o labradas.

- 30 Aunque los forros exteriores extruidos para rellenar proporcionan ciertas ventajas como se ha indicado más arriba, una construcción de este tipo del forro exterior también crea una serie de cuestiones. Por ejemplo, se requiere un grado significativo de fuerza física para retirar el forro exterior del núcleo, aumentando la probabilidad de dañar el núcleo. De hecho, cuando se retira el forro en el campo, es una práctica común de los instaladores de líneas de servicios públicos recoger uno de los elementos neutros concéntricos pesados bajo el forro y utilizarlo como un cordón de apertura para traccionar del forro. El hilo se levanta y se tracciona del mismo con un ángulo de aproximadamente 15° con el eje del cable, cortando el forro a lo largo del eje de espiral del elemento neutro. La fuerza necesaria para tirar del elemento puede ser significativa.

- 35 El alto grado de fuerza física para quitar el forro se produce por un número de razones. En primer lugar, debido a la afinidad de la clase de polietileno de los forros a la clase de los materiales normalmente utilizados como blindajes semiconductores de aislamiento, existe la tendencia de que los dos materiales se peguen uno al otro o formen una unión de ligera a moderada. Para superar esta unión, los fabricantes de cables a menudo aplican, por ejemplo, talco / mica para permitir la fácil separación de las dos capas. Un polvo hinchable en agua se puede aplicar también como se describe en la patente norteamericana número 5.010.209. El uso de estos polvos disminuye la probabilidad de migración de agua entre el forro y la interfaz de blindaje del aislamiento, en el caso de que el agua entre debido a una brecha en el forro exterior. En segundo lugar, un alto grado de la fuerza para separar o retirar el forro se debe a que, cuando se encapsulan elementos neutros concéntricos, el forro es a menudo más grueso que los forros en cables comparables sin neutros concéntricos. Más del 90% de los cables con neutros concéntricos para la distribución subterránea residencial tienen elementos neutros que varían entre # 14 AWG (1,29 mm de diámetro) a # 8 AWG (3,26 mm de diámetro). Los estándares de la industria a menudo especifican que los grosores mínimos del

forro en tales cables sean determinados de acuerdo con el grosor sobre estos elementos neutros concéntricos, lo que resulta en un forro más grande y más robusto.

El mayor tamaño de los forros en cables con neutros concéntricos también puede hacer que estos cables sean menos flexibles. Aunque un diseñador de cables puede especificar tipos alternativos de aislamiento para mejorar la flexibilidad sin sacrificar la fiabilidad, el forro encapsulado en general mantiene una influencia significativa sobre la flexibilidad de este tipo de cables. Materiales de forros alternativos que mejoran la flexibilidad están disponibles; estos materiales pueden ser indeseables debido a que no satisfacen los atributos más importantes en el diseño de los cables.

Además, existe una preocupación en la industria con las muescas indeseables en el blindaje del aislamiento que se pueden producir en cables con neutros concéntricos que tiene forros extruidos para rellenar. Estas muescas se producen cuando los forros rígidos convencionales encogen después de la extrusión y fuerzan a los elementos neutros en el blindaje. Las muescas pueden aumentar después de aplicar el cable a un carrete de transporte en el que el peso del cable sobre las envolturas interiores de la bobina puede inducir una compresión adicional. Las muescas en el blindaje del aislamiento toman la trayectoria helicoidal de los elementos neutros. En caso de que entre agua en el cable debido a una brecha en el forro, las muescas helicoidales pueden proporcionar conductos o canales para que el agua migre longitudinalmente a lo largo del cable. A veces, las muescas se pueden transferir a través del blindaje del aislamiento y dejar muescas en una menor medida sobre la superficie del aislamiento.

A pesar de estas cuestiones, los forros para cables con neutros concéntricos tienden a ser de una sola capa de material encapsulado de clase de polietileno para asegurarse de que el cable pueda soportar los rigores mecánicos de la instalación subterránea. Para otros tipos de cables, sin embargo, los forros que incorporan una capa interior de material de polímero expandido se han descrito en la técnica para ayudar a proteger los cables contra impactos accidentales. Los materiales poliméricos expandidos son polímeros que tienen una densidad reducida debido a que el gas se ha introducido en el polímero mientras se encontraba en un estado plastificado o fundido. Este gas, que puede introducirse químicamente o físicamente, produce burbujas dentro del material, lo que resulta en huecos. Un material que contiene estos huecos exhibe generalmente propiedades deseables tales como la reducción de peso y la capacidad de proporcionar una amortiguación más uniforme que un material sin los huecos. La adición de una gran cantidad de gas resulta en un material mucho más ligero, pero la adición de demasiado gas puede disminuir algo de la resiliencia del material.

La patente norteamericana número 6.501.027, por ejemplo, describe una capa de recubrimiento preferiblemente en contacto con el forro del cable para proporcionar al cable resistencia al impacto. La capa de revestimiento está fabricada de un material de polímero expandido (es decir, un polímero que tiene un porcentaje de su volumen que no está ocupado por el polímero sino por un gas o aire) que tiene un grado de expansión de aproximadamente del 20% al 3000%.

El documento GB1300047 desvela un cable que consta de al menos un conductor de núcleo rodeado por una vaina de soporte aislante y un conjunto de conductor concéntrico exterior dispuesto entre la vaina de soporte y una vaina aislante exterior. El conjunto de conductor concéntrico está completamente incrustado en un material de plástico espumado.

El documento US 4.986.372 desvela un cable eléctrico con hilos enrollados en espiral y bandas de retención de los hilos. El cable incluye un conductor eléctrico aislado, un blindaje semiconductor extruido del aislamiento que recubre el conductor eléctrico aislado, una pluralidad de bandas extruidas y fusionadas sobre el blindaje del aislamiento, y una pluralidad de hilos enrollados alrededor del blindaje del aislamiento y de las bandas con una tensión suficiente para incrustar parcialmente los mismos en las bandas para retenerlos en las mismas y resistir el deslizamiento.

Los solicitantes han observado que los materiales poliméricos expandidos son candidatos potenciales para mejorar la estructura y el funcionamiento de los cables que tienen elementos incrustados en sus forros, tales como los cables de alimentación de energía con neutros concéntricos. Los solicitantes han observado, además, que a diferencia de los diseños convencionales para los cables con neutros concéntricos, los cables que tienen múltiples forros de capas que incluyen una capa de material polimérico expandido pueden producir un forro que es más fácil de pelar, tiene una flexibilidad incrementada, y una incidencia disminuida de muescas en el aislamiento.

Sumario

De acuerdo con los principios de la invención, un cable eléctrico para instalaciones subterráneas incluye un núcleo con una periferia exterior definida por un blindaje del aislamiento, una pluralidad de elementos neutros dispuestos circunferencialmente alrededor de un radio y helicoidalmente a lo largo de la longitud del cable, contactando eléctricamente los elementos neutros con el blindaje del aislamiento del núcleo, y un forro de material compuesto que rodea el núcleo y que forma el exterior del cable. El forro de material compuesto incluye una capa circunferencial interior próxima al núcleo y una capa circunferencial exterior en contacto con la capa circunferencial interior. La capa circunferencial interior encapsula sustancialmente la pluralidad de elementos neutros. Al menos la capa circunferen-

cial interior del forro es un material polimérico expandido. El forro del cable puede ser al menos un material seleccionado del grupo que consiste en cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo (EVA), polietileno de baja densidad, LLDPE, HDPE, polipropileno, y polietileno clorado.

5 El núcleo tiene un conductor, un blindaje del conductor que rodea al conductor, un aislamiento que rodea el blindaje del conductor y al blindaje del aislamiento que rodea el aislamiento. El blindaje del aislamiento es un material semi-conductor. Preferiblemente, los elementos neutros son hilos que varían en tamaño entre 0,511 mm (# 24 AWG) y 3,264 mm (# 8 AWG). Además, la superficie completa circular en milímetros cuadrados de la pluralidad de los elementos neutros puede estar entre aproximadamente 0,99 mm² de diámetro del núcleo aislado a la superficie completa en milímetros cuadrados del conductor de fase.

10 La capa circunferencial exterior no tiene que ser un material polimérico expandido. Al menos una de las capas interior y exterior pueden tener un grado de expansión de aproximadamente del 2% al 50%.

15 En un diseño de cable, la capa exterior comprende aproximadamente del 20% al 30% de un grosor radial del forro, las capas interior y exterior comprenden polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), y la capa interior tiene un grado de expansión aproximadamente del 15% al 25%. En otro diseño, la capa exterior comprende polietileno de alta densidad (HDPE) y comprende aproximadamente del 20% del grosor radial del forro, y la capa interior es LLDPE y tiene un grado de expansión de hasta aproximadamente el 30%.

20 Típicamente, al menos una de las capas primera y segunda del forro exterior está expandida en un intervalo aproximadamente del 2% al 50%. Esta construcción da como resultado un cable que tiene un mejor resistencia al impacto aproximadamente del 5% al 15% y un aumento de la flexibilidad aproximadamente del 5% al 25% con respecto a los diseños de cable convencionales. Además, una construcción de este tipo resultará en un forro exterior con una reducción de la fuerza de pelado aproximadamente del 10% al 30% y las muescas de servicio del cable con neutro concéntrico se reducen en al menos el 10% en comparación con los diseños de cable convencionales. Una tercera capa puede ser expandida dentro de un rango aproximadamente del 10% al 12% proporcionando incluso una mayor protección para el cable.

25 Un procedimiento de fabricación de un cable de acuerdo con los principios de la invención comprende en primer lugar proporcionar un conductor y aplicar un blindaje alrededor del conductor. A continuación, se extruye el aislamiento sobre el blindaje y un blindaje del aislamiento se aplica sobre el aislamiento. A continuación, los elementos neutros concéntricos se aplican alrededor de y en contacto con el blindaje del aislamiento. A partir de aquí, un material polimérico se expande con un agente espumante. Este material polimérico se usa entonces para formar la primera capa de un forro exterior por extrusión de la primera capa de material polimérico expandido y una segunda capa exterior en contacto con la capa circunferencial interior para encapsular sustancialmente los elementos neutros concéntricos mientras se mantiene el contacto entre los elementos neutros concéntricos y el blindaje del aislamiento.

30 Se debe entender que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada que sigue son únicamente ejemplares y explicativas, y no son restrictivas de la invención de acuerdo con lo que se reivindica.

35 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos que se acompañan, que se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran varias realizaciones de la invención, y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

La figura 1 es un diagrama en sección transversal de un cable convencional.

40 La figura 2 es un diagrama en sección transversal de un cable de acuerdo con los principios de la presente invención.

La figura 3 es un diagrama en perspectiva longitudinal del cable de la figura 2.

La figura 4 es un gráfico de barras que ilustra la resistencia al impacto entre un cable convencional y cables ejemplares de acuerdo con la presente invención.

45 La figura 5 es un diagrama de flujo de proceso de un procedimiento de fabricación de un cable de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones de acuerdo con la presente invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos que se acompañan. Siempre que sea posible, los mismos números de referencia se utilizarán en todos los dibujos para referirse a las mismas partes o similares.

50 Consistente con los principios de la presente invención, un cable comprende un núcleo y un forro, o vaina exterior, que rodea el núcleo y que forma el exterior del cable. El núcleo puede comprender un conductor, un blindaje del

conductor, el aislamiento, y un blindaje del aislamiento. El forro tiene preferiblemente dos capas concéntricas. Las capas están formadas por coextrusión de las mismas sobre una pluralidad de elementos neutros concéntricos, que hacen que una parte de la capa interior encapsule sustancialmente los elementos neutros. Con la expresión "encapsulan sustancialmente" se entiende que el material extruido rodea la mayor parte, si no toda, del exterior de los elementos neutros concéntricos. Al menos la parte de la capa interior que encapsula sustancialmente los elementos neutros comprende un material polimérico expandido.

Como se da forma en la presente memoria descriptiva, un cable consistente con los principios de la presente invención se representa en las figuras 2 y 3. La figura 3 es un diagrama en perspectiva longitudinal del cable 100 de la figura 2. El cable 100 incluye un núcleo que tiene un elemento conductor 110. Los conductores 110 normalmente son sólidos o trenzados, y están fabricados de cobre, aluminio o aleación de aluminio. Trenzar el conductor añade flexibilidad a la construcción del cable. Un experto reconocerá que el elemento conductor 110 puede comprender cables mixtos de energía / telecomunicaciones, que incluyen un núcleo de fibra óptica, además de o en lugar de los cables eléctricos. Por lo tanto, el término "elemento conductor" significa un conductor de tipo metálico o de tipo mixto óptico / eléctrico.

El núcleo también incluye un blindaje 115 del conductor que rodea el elemento conductor 110. El blindaje 115 del conductor se fabrica generalmente de un material semiconductor y se utiliza para el control de esfuerzos eléctricos.

La capa aislante 120 rodea al blindaje 115 del conductor. El aislamiento 120 es una capa extruida que proporciona aislamiento eléctrico entre el conductor 110 y la tierra eléctrica más cercana, lo que impide un fallo eléctrico. Un experto en la técnica reconocerá que la capa de aislamiento 120 puede comprender una composición polimérica no reticulada o reticulada con propiedades de aislamiento eléctrico conocidas en la técnica. Ejemplos de tales composiciones de aislamiento para cables de baja y media tensión son: polietileno reticulado, caucho de etileno propileno, cloruro de polivinilo, polietileno, copolímeros de etileno, acetatos de etileno vinilo, cauchos sintéticos y naturales.

Un blindaje semiconductor 125 del aislamiento se proporciona sobre el aislamiento 120. El blindaje 125 del aislamiento se fabrica generalmente de una capa semiconductor extruida que es pelable, parcialmente unida o totalmente unida a la capa aislante 120. El blindaje 125 del aislamiento y el blindaje 115 del conductor se utilizan para el control de esfuerzos eléctricos, proporcionando más simetría de los campos dieléctricos dentro del cable 100.

Una pluralidad de hilos conductores de la electricidad 150, o elementos neutros concéntricos, se encuentran situados en el exterior del blindaje 125 del aislamiento. Los neutros concéntricos 150 sirven como un trayecto de corriente de retorno neutro en el caso de condiciones de fallo y se deben dimensionar en consecuencia. Los elementos 150 están dispuestos preferiblemente de forma concéntrica alrededor del eje del cable 100 y están retorcidos helicoidalmente a lo largo de su longitud. Los elementos neutros 150 son típicamente cables de cobre. Aunque la mayoría de los cables concéntricos neutros convencionales tienen cables con neutros que varían en tamaño desde 1,628 mm (# 14 AWG) a 3,264 mm (# 8 AWG), los elementos neutros 150 pueden tener cualquier tamaño práctico, como por ejemplo de 0,511 mm (# 24 AWG) a 3,264 mm (# 8 AWG). Alternativamente, pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0,99 mm² por cm de diámetro del núcleo aislado al tamaño completo del conductor 110. También pueden ser configurados como bandas planas u otras formas no circulares como lo permita la implementación.

El forro exterior 130 rodea el aislante semiconductor 125 y forma el exterior del cable 100. El forro exterior 130 comprende un material polimérico y puede estar formado por extrusión a presión, como se describe en más detalle a continuación. El forro exterior 130 sirve para proteger el cable de los peligros ambientales, térmicos y mecánicos, y encapsula sustancialmente los elementos neutros concéntricos 150. Cuando se extruye, el forro exterior 130 fluye sobre la capa aislante semiconductor 125 y rodea los elementos neutros 150. El grosor del forro exterior 130 resulta en una vaina de encapsulado que estabiliza los elementos neutros 150, mantiene uniforme la separación del neutro para la distribución de corriente, y proporciona un exterior resistente para el cable 100. Mientras el material polimérico del forro fluye alrededor de los elementos 150, los elementos mantendrán típicamente un contacto eléctrico suficiente con el blindaje 125, de manera que el forro puede no rodear completamente los elementos 150.

El forro exterior 130 comprende un material expandido polimérico, que se produce mediante la expansión (también conocido como formación de espuma) de un material polimérico conocido para lograr una reducción de la densidad deseada. El material polimérico expandido del forro puede ser seleccionado del grupo que comprende: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de olefina / éster insaturados, poliésteres, policarbonatos, polisulfonas, resinas fenólicas, resinas ureicas, y mezclas de los mismos. Ejemplos de polímeros preferidos son: cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo, (EVA), polietileno (clasificado como de baja densidad, de baja densidad lineal, de densidad media y de alta densidad), polipropileno, y polietilenos clorados.

El polímero seleccionado es expandido por lo general durante la fase de extrusión. Esta expansión puede realizarse químicamente por medio de la mezcla del material polimérico con un agente espumante químico. Esta mezcla también es denominada como mezcla madre de espumado y es capaz de generar un gas bajo condiciones de temperatura y de presión definidas, o puede tener lugar físicamente (es decir, por medio de inyección de gas a alta presión directamente en un cilindro de extrusión). Cuando un material polímero se expande usando un agente espumante

químico, se crean pequeñas bolsas, o espacios huecos donde está atrapado el gas del proceso de expansión dentro del material polimérico expandido. El área superficial del material polimérico expandido que rodea un hueco comúnmente se conoce como célula espumada.

5 Ejemplos de expansores químicos adecuados son la azodicarbonamida, mezclas de ácidos orgánicos (por ejemplo ácido cítrico) con carbonatos y / o bicarbonatos (por ejemplo bicarbonato de sodio). Ejemplos de gases para inyectar a alta presión en el cilindro de extrusión son nitrógeno, dióxido de carbono, aire e hidrocarburos de bajo punto de ebullición tales como propano y butano.

10 La mezcla madre espumante puede incluir un agente espumante químico endotérmico, exotérmico o híbrido ("CFA"). Los CFA reaccionan con el calor del proceso u otro producto químico para liberar gas. Los CFA se dividen típicamente en dos clases, endotérmicos y exotérmicos. Los CFA endotérmicos absorben el calor durante su reacción química y proporcionan un gas de dióxido de carbono, gas de baja presión, y células pequeñas. Los CFA exotérmicos liberan calor y producen nitrógeno, gas de mayor presión, producen una cantidad mayor de gas y células más grandes. Los CFA híbridos, una familia de CFA que contienen mezclas de agentes espumantes endotérmicos y exotérmicos, combinan la estructura celular fina y uniforme de los endotérmicos con mayor presión de gas a partir del componente exotérmico.

15 La elección de un agente espumante químico endotérmico, exotérmico, o híbrido depende de la compatibilidad con el material polimérico incorporado en la capa de envoltura expandida, los perfiles y los procesos de extrusión, la cantidad deseada de formación de espuma, de tamaño de celda espumada y de la estructura, así como otras consideraciones particulares del diseño del cable que se está produciendo y que son evidentes para los expertos en la técnica. En general, con unas cantidades similares de ingredientes activos, los agentes espumantes químicos exotérmicos son los que más reducirán la densidad y producirán una espuma con células espumadas más uniforme y más grandes. Los agentes endotérmicos espumantes producen espumas con una estructura de células de espuma más finas. Esto se debe, al menos en parte, a que el agente endotérmico espumante libera menos gases y tiene una velocidad controlada de nucleación mejor de liberación de gas que un agente exotérmico espumante. Aunque se emplea una capa de formación de espuma exotérmica en una realización preferida, otros agentes espumantes pueden dar lugar a estructuras celulares satisfactorias. Una estructura de células cerradas es preferida con fin de no proporcionar canales para la migración de agua, y proporcionar una buena resistencia mecánica y una textura superficial uniforme del forro expandido.

25 Los materiales poliméricos expandidos del forro 130 incluyen huecos o espacios ocupados por gas o aire. En general, el porcentaje de huecos en un polímero expandido (es decir, la relación del volumen de los huecos con un volumen dado de material polimérico) se expresa por el denominado "grado de expansión" (G), definido como:

$$G = (d_0/d_e - 1) \times 100$$

35 en la que d_0 indica la densidad del polímero no expandido y d_e representa la densidad aparente medida, o peso por unidad de volumen en g / cm^3 , del polímero expandido. Es deseable obtener un grado de expansión tan grande como sea posible sin dejar de conseguir las propiedades deseadas del cable. En particular, un mayor grado de expansión dará lugar a la reducción de los costes de material al aumentar el espacio ocupado por los huecos en el forro exterior 130. Además, al tener más espacio ocupado por espacios huecos, el forro exterior 130 es capaz de absorber mejor las fuerzas aplicadas exteriormente al cable 100. Además, puesto que el cable 100 tiene mejor resistencia al impacto, los elementos neutros concéntricos 150 son menos propensos a crear una muesca en la superficie de blindaje semiconductor 125 del aislamiento y / o del aislamiento 120. Los solicitantes han encontrado que los grados adecuados de expansión o de reducción de la densidad se encuentran generalmente en el intervalo aproximadamente del 2% al 50%, aunque pueden obtenerse mayores grados de expansión.

40 Como se hecho notar más arriba, la formación de espuma puede proporcionar un grado fiable de expansión. El CFA seleccionado debe ser capaz de alcanzar las dimensiones del cable consistentes de la capa circunferencial interior 210 y, además, condiciones superficiales uniformes cuando se emplea en la capa circunferencial exterior 220. Un CFA que se ha encontrado que es particularmente exitoso en la realización preferida es Clariant Hydrocerol B1H 40, comercializado por Clariant de Winchester, Virginia.

45 Se sabe que varios elementos afectan la consistencia de la formación de espuma: 1) la velocidad de adición de la mezcla madre de formación de espuma; 2) la forma de la estructura celular espumada que se alcanza dentro de la pared polimérica; 3) la velocidad de extrusión (metros / minuto); y 4) la temperatura del agua del canal de enfriamiento. Un canal de enfriamiento está normalmente posicionado para recibir el cable, en una longitud de aproximadamente 0,696 m a 1,524 m, a medida que sale de la extrusora y es aproximadamente de 30,48 m a 76,20 m de longitud. El canal de enfriamiento puede ser seccionado para controlar la temperatura del agua en secciones múltiples y se utiliza para enfriar gradualmente la temperatura del cable, y por lo tanto, reducir la cantidad de contracción en el forro extruido. Los expertos en la técnica pueden determinar los parámetros para la producción del forro 130, de manera que tenga consistencia, y propiedades de rendimiento deseadas.

Como se ilustra en las figuras 2 y 3, el forro exterior 130 puede comprender una capa circunferencial interior 210 y una capa circunferencial exterior 220. La capa circunferencial interior 210 está dispuesta circunferencialmente alrededor del cable y está próxima al blindaje 125 del aislamiento. De esta manera, al menos una primera porción de la capa circunferencial interior 210 encapsula sustancialmente los elementos neutros 150. La capa circunferencial exterior 220 rodea el cable y sirve como su parte exterior.

De acuerdo con los principios de la presente invención, la capa circunferencial interior 210, la capa circunferencial exterior 220, o ambas pueden ser polímeros expandidos. En una realización preferida, la capa interior 210 del forro 130 está fabricada de polietileno expandido (densidad reducida) de baja densidad lineal, (LLDPE), por medio de la adición de agentes espumantes, mientras que la segunda capa o capa circunferencial exterior 220 de la vaina completa consiste en una capa de piel sólida de LLDPE que no está expandido. Los materiales seleccionados para un forro de material compuesto de este tipo deben tener una buena afinidad con el fin de asegurar que el forro de material proporciona preferiblemente una única estructura unida.

Los solicitantes han encontrado que la cantidad de reducción de la densidad en la capa interior para alcanzar una buena excentricidad de las propiedades del forro general y cumplir las propiedades requeridas del material del forro puede depender del grosor de pared de las capas del forro. Por ejemplo, un forro con una capa circunferencial exterior 220 más pesada no expandida permitirá un mayor grado de reducción de la densidad de la capa circunferencial interior 210 y podrá mantener una excelente excentricidad y bajas irregularidades en la superficie del forro total. La experimentación ha encontrado que con materiales compuestos de LLDPE, una capa circunferencial exterior 220 que es el 20% del grosor total del forro 130 permite que una capa circunferencial interior 210 se expanda aproximadamente el 15%. Mientras que una capa circunferencial exterior 220 que es el 30% del grosor total del forro exterior 130 permite que la capa circunferencial interior 210 se expanda aproximadamente el 25% y logre las propiedades físicas y dimensionales globales deseadas sin irregularidades de la superficie.

Una mayor cantidad de reducción de la densidad de la capa circunferencial interior 210 es posible cuando se usa un polímero de mayor densidad en la capa circunferencial exterior 220. En concreto, en el caso en que la capa exterior del forro sea de polietileno de alta densidad (HDPE) y la capa interior sea de LLDPE, una capa circunferencial exterior 220 que es aproximadamente del 20% del grosor total del forro permitirá una reducción de la densidad de la capa circunferencial interior 210 para que alcance aproximadamente el 30% debido a las propiedades físicas superiores del HDPE. Por lo tanto, las características generales de diseño últimas de la vaina están afectadas sinérgicamente por la combinación de tipos de materiales en el material compuesto del forro y la cantidad de reducción de la densidad de cada capa. Es decir, con una capa exterior de alta densidad, la capa exterior se puede hacer más delgada o la capa interior puede acomodar un mayor grado de expansión, o ambos. Con una capa exterior más delgada así como un aumento de expansión para la capa interior, el cable puede utilizar menos material que lo que se requeriría convencionalmente.

En aquellas realizaciones en las que sólo se expande la capa circunferencial interior 210, las características de formación de espuma de la capa no necesitan tener en cuenta la calidad de la superficie. La capa circunferencial exterior 220 proporcionará un acabado exterior liso y brillante.

Si la capa circunferencial exterior 220 es espumada, sin embargo, entonces la calidad de la superficie puede representar una preocupación. De hecho, en realizaciones alternativas, ambas capas del forro interior y exterior pueden ser expandidas. Los solicitantes han observado que la relación de reducción ("DDR") alcanzada durante la extrusión de las capas afecta la calidad de la superficie del forro expandido. La relación de reducción está definida por la siguiente ecuación:

$$DDR = \frac{D_2^2 - D_1^2}{d_2^2 - d_1^2}$$

en la que D_2 es el diámetro del orificio de la boquilla, D_1 es el diámetro exterior de la punta de guía, d_2 es el diámetro exterior del forro del cable, y d_1 es el diámetro interior del forro del cable. La relación de reducción adecuada para lograr un acabado de superficie deseado se puede determinar experimentalmente, y puede variar en función del polímero utilizado, la naturaleza del agente espumante, y la cantidad del agente espumante. Como se apreciará, un acabado superficial aceptable depende de la aplicación prevista para el cable. Por otra parte, la aceptabilidad del acabado de la superficie es determinada normalmente por un experto en la técnica, a menudo por tacto o inspección visual. Aunque existen técnicas para la medición de la suavidad superficial de los materiales, y pueden emplearse para medir la suavidad de un forro expandido, esas técnicas se emplean generalmente para materiales en los que la suavidad es tan crítica que no puede ser determinada por observación visual o por el tacto. Preferiblemente, la DDR está comprendida entre aproximadamente 0,5 a 2,5.

En otras realizaciones alternativas, el forro de material compuesto puede comprender más de dos capas múltiples. Esta configuración sería importante en los diseños especializados en los que son necesarios mayor resistencia al

abuso mecánico y / o una flexibilidad adicionalmente mejorada. Una tercera capa puede ser una capa intermedia entre la capa circunferencial interior 210 y la capa circunferencial exterior 220. La elección de la tercera capa podría ser de cualquier material, típicamente uno que proporcione una resistencia mejorada al abuso mecánico, tal como un polietileno de mayor densidad o polipropileno. La cantidad de expansión de la tercera capa dependerá naturalmente de las propiedades seleccionadas para las otras capas. Dadas las restricciones típicas en el diámetro exterior del cable y la presencia de otra capa ya expandida, la cantidad de formación de espuma para una tercera capa tiende a ser baja, aunque no existe ninguna restricción en esta materia en la presente invención. Por ejemplo, una tercera capa puede tener un grado de expansión aproximadamente del 10% al 12%.

De acuerdo con la disposición descrita en la presente memoria descriptiva, el material polimérico expandido del forro 130 le proporciona al cable 100 un peso reducido, una mayor flexibilidad y una mayor capacidad de pelado del forro, tal como se explicará a continuación. El material polimérico expandido del forro también disminuye la probabilidad de que los elementos neutros concéntricos produzcan muescas en la superficie del núcleo, y por lo tanto reducirán el riesgo de migración de agua a lo largo del cable en el caso en el que se produjese una brecha en el forro exterior.

Para ilustrar aspectos ventajosos consistentes con la presente invención, un cable convencional (Cable 1) y dos cables ejemplares consistentes con la invención (Cable 2 y Cable 3) han sido probados y comparados unos con los otros. Cada cable 100 comprende elementos conductores idénticos 110 de 8,252 mm (# 1 / 0 AWG) de hilo de aluminio 19, blindaje semiconductor del conductor, un aislamiento de polietileno reticulado nominal de 4,44 mm, elementos neutros concéntricos aplicados helicoidalmente 6 de 1,628 mm (# 14 AWG). El forro exterior 130 para el Cable 1 es un forro sólido de polietileno sólido de baja densidad lineal encapsulado de 1,27 mm de grosor nominal. El forro exterior encapsulado 130 para el Cable 2 es de 1,27 mm de grosor nominal con una capa circunferencial interior 210 de polietileno de baja densidad lineal expandido de 0,89 mm, y una capa circunferencial exterior sólida de polietileno de baja densidad lineal 220 de 0,38 mm. El forro exterior encapsulado 130 para el Cable 3 es de grosor nominal 1,27 mm con una capa circunferencial interior 210 de polietileno lineal expandido de baja densidad de 1,02 mm y una capa circunferencial exterior sólida 220 de polietileno de alta densidad de 0,25 mm. El requisito del grosor del forro global se midió como 1,27 mm por encima de los elementos neutros concéntricos 150 llenando también el forro los valles entre los elementos que se midieron en 2,05 mm (hilos de 1,628 mm # 14 AWG), utilizando parámetros de prueba de conformidad con ICEA / ANSI ICEA S - 94 - 649, un estándar de la industria para los cables con neutros concéntricos clasificados de 5 kV a 46 kV. La Tabla 1 ilustra las propiedades físicas generales de cada uno de los cables ejemplares que se han descrito más arriba, tales como la reducción de la densidad, la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura.

TABLA 1: Propiedades físicas

Forro de material compuesto	Reducción de la densidad	Fuerza de tracción MPa			Alargamiento a la rotura %			ICEA Requisito tracción	ICEA Requisito Elongación
	% de la capa interior	50,8 cm / min	25,4 cm / min	5,08 cm / min	50,8 cm / min	25,4 cm / min	5,08 cm / min	Mínimo	
CABLE 1	0	2550	2712	2890	690	650	623	11,7 MPa	350%
CABLE 2	23	1712	1915	1987	609	575	645	11,7 MPa	350%
CABLE 3	18	1508	1770	2002	629	573	649	No existe un requisito especificado,	

Además de las propiedades físicas generales del cable que se detallan en la Tabla 1, el Cable, el Cable 2, y el Cable 3 se sometieron a un plegado por tres puntos (3) modificado de acuerdo con una norma modificada ASTM D709 Procedimiento 1, para acomodar las muestras de cable a escala real en comparación con el moldeado especificado por ASTM, con el fin de determinar la flexibilidad de cada cable.

En esta prueba, cada cable fue soportado por un tramo de dos puntos de 22,86 cm y una sección delantera de carga de un punto para aplicar la carga de plegado con una velocidad de deformación de 5,08 cm por minuto. La carga de plegado de un medio círculo de 7,62 cm de radio incluía el mandril para aplicar la carga de plegado. La prueba con-

tinuó hasta que el cable se enrolló alrededor del mandril. Cada cable se sometió a la carga de flexión, fue rotado 120 grados, probado de nuevo, y a continuación se repitió una vez más después de rotar el cable otros 120 grados.

Los datos enumerados en la Tabla 2 representan el promedio de las tres cargas de plegado, aplicadas individualmente, a cinco (5) longitudes de cable separadas. Cuando se compararon con el Cable 1, que tiene un forro exterior sólido, el Cable 2 y el Cable 3 tenían una fuerza de plegado máxima reducida, la fuerza requerida para plegar el cable 180 grados aproximadamente del mandril de plegado era de aproximadamente el 12% al 13%.

TABLA 2

Propiedad de la flexión del Cable			
Identificación del Cable	Diámetro del cable (cm)	Forro Extruido	Fuerza de plegado máxima, (N)
CABLE 1	2,692 cm	LLDPE estándar	482,2 N
CABLE 2	2,687 cm	LLDPE espuma / LLDPE Sólido	430,1 N
CABLE 3	2,705 cm	LLDPE espuma / HDPE Sólido	425,7 N

Además de tener un mayor grado de flexibilidad con respecto al Cable 1, el Cable 2 y el Cable 3 también son más resistentes a los impactos. En particular, los huecos introducidos en la capa circunferencial interior 210 durante la expansión permiten que la capa circunferencial interior 210 del Cable 2 y del Cable 3 absorba la energía y por lo tanto reduce el daño a los cables con los impactos. Los datos que se muestran en la Tabla 3 a continuación, y en la figura 4 (una representación gráfica de los daños y los datos de energía de la Tabla 3) representan la media de dos impactos para cada uno de los Cables 1, 2 y 3. La reducción de densidad se refiere a la relación entre el volumen de huecos y un volumen dado de material polimérico, y la altura del peso es la distancia con la que la herramienta de impacto se eleva por encima del cable. En base a esta altura y al peso real de la herramienta de impacto, se determina la fuerza del impacto, o energía,. El daño al aislamiento es la cantidad de deformación en el núcleo medido desde el blindaje 125 del aislamiento. En los niveles más altos de impacto, el Cable 2 y el Cable 3 exhibieron una deformación aproximadamente un 10% menor del núcleo aislado, en comparación con el Cable 1.

TABLA 3: Resultados del ensayo de impacto

Identificación del cable	Diámetro del cable	Reducción de la densidad de la capa interior	Altura de Peso	Energía	Daños en Aislamiento
	(mm)		(mm)	(Julios)	Promedio (mm)
Cable 1	27	0	78,4	10	0,23
			117,6	15	0,37
			156,9	20	0,49
Cable 2	27	23%	78,4	10	0,22
			117,6	15	0,33
			156,9	20	0,44
Cable 3	27	18%	78,4	10	0,23
			117,6	15	0,32
			156,9	20	0,46

5 Se llevaron a cabo los ensayos de impacto empleando un dispositivo de ensayo de impacto similar al especificada en la Memoria Descriptiva Francesa HN 33 - S - 52, Cláusula 5.3.2.1. La máquina de ensayo de impacto fue modificada para conseguir energías de impacto de hasta 350 julios (la memoria descriptiva francesa define 72 julios solamente), y una forma de probador de impactos equivalente (impactador en forma de cuña de 90 grados, radio de 2 mm en la punta / borde). Durante la prueba, la forma de cuña impactó sobre cada cable con la energía que se ha indicado más arriba. Después de cada impacto único, los grosores totales de las diversas capas y el daño local en el aislamiento 120, la profundidad de los daños, se midieron con un sistema de láser óptico.

10 Un aspecto físico adicional de un cable de alimentación de energía 100 es la capacidad de pelado del forro exterior 130. La capacidad de pelado corresponde a la cantidad de fuerza de tracción requerida para retirar el forro exterior 130 cuando se realiza un empalme o el acabado del cable 100. La retirada del forro exterior 130 se realiza comúnmente retirando uno de los elementos neutros concéntricos 150 encapsulado por el forro exterior 130, y tirando del mismo a través del forro exterior 130, cortando de ese modo el forro exterior 130 a lo largo del eje de la espiral del cable 100. El hilo neutro concéntrico 150 se levanta y se tira del mismo con un ángulo de aproximadamente 15° con el eje longitudinal del cable 100. Si se requiere una cantidad significativa de fuerza para retirar el forro exterior 130 del cable 100, se precisa más tiempo para pelar el cable y hay un aumento de probabilidades de que el blindaje 125 del aislamiento y / o el aislamiento 120 puedan ser dañados. Por tanto, es preferible minimizar la cantidad de fuerza de tracción necesaria para retirar el forro exterior 130 del cable 100. Con el fin de comparar la fuerza de tracción requerida para retirar el forro exterior 130 entre un cable convencional (Cable 1) y los cables ejemplares (Cable 2 y Cable 3), se realizó una prueba en cada cable 100 para registrar la cantidad de fuerza de tracción requerida para cada cable 100.

25 Antes de realizar la prueba, el grosor exterior del forro 130 se midió en una sección transversal única elegida al azar para cada muestra de cable. La medida fue tomada con el software SPSS Sigma Scan mediante fotografías microscópicas con un Microscopio Óptico Olympus SZ - PT acoplado a una cámara de video a color Sony 3CCD. Además, las mediciones de confirmación fueron tomadas con un Proyector de Perfil Nikon V - 12 acoplado a un contador Nikon SC - 112. El promedio de las mediciones, redondeado al milímetro más cercano se utilizó para normalizar la fuerza de extracción del cable con neutro concéntrico 150.

30 La prueba implicó la medición de la fuerza requerida para tirar de un cable con neutro concéntrico 150 a través del forro exterior 130 a una velocidad de tracción de 50,80 cm / minuto en un ángulo de 15° con respecto al forro exterior

130. Cada duración de estiramiento igualó la longitud tendida del hilo neutro concéntrico 150, y se completaron dos estiramientos (elementos neutros concéntricos separados 180°) por longitud de la muestra. Un total de 10 estiramientos fueron completados para el Cable 1 y 6 estiramientos fueron completados para el Cable 2 y para el Cable 3.

Los datos de prueba, como se muestra en la Tabla 4 dada a continuación, muestran que la expansión de la capa circunferencial interior 210 del forro exterior 130 reduce la cantidad de fuerza requerida para retirar un cable con neutro concéntrico 150 del forro exterior 130. Los datos muestran que la fuerza de estiramiento del cable con neutro concéntrico 150 es menor para ambos cables ejemplares de conformidad con los principios de la presente invención. A medida que el grosor real del forro exterior 130 se hizo variar ligeramente según se mide a lo largo de cada cable, se determinó un grosor del forro exterior normalizado para cada uno. La fuerza de extracción del hilo neutro concéntrico 150 fue aproximadamente del 20% inferior en el Cable 2 ejemplar y el 15% inferior en el Cable 3 ejemplar, en comparación con la fuerza de extracción requerida para el Cable 1. El aumento de la fuerza de extracción del Cable 2 con respecto al Cable 3 se puede atribuir al nivel inferior de formación de espuma de la capa circunferencial interior 210 y la densidad más alta de la capa circunferencial exterior 220 de polietileno del Cable 3. Otras reducciones de fuerza de extracción se pueden prever cuando la capa circunferencial exterior 220 también se expande además de la capa circunferencial interior 210.

Tabla 4

Datos de la fuerza de extracción del filamento			
	Cable 1	Cable 2	Cable 3
Polímero de la segunda capa	LLDPE	LLDPE	HDPE
Polímero de la primera capa	LLDPE	LLDPE expandido	LLDPE espumado
Espumado de la primera capa %	0	23	18
Fuerza de extracción del filamento			
Min medio, kg	16,37	14,65	13,74
Max.medio, kg	22,63	19,05	18,64
Promedio, kg	18,82	16,96	16,33
Promedio Normalizado / forro	125,54	101,07	107,15
Grosor, kg / cm			

Además de minimizar la fuerza de extracción del hilo neutro concéntrico 150 requerida para pelar el revestimiento exterior 130 de un cable 100, el nivel de muescas que puede ser introducido desde los elementos neutros concéntricos 150 sobre la superficie del blindaje 125 del aislamiento, y potencialmente en el aislamiento 120, se reduce de forma deseable. Es deseable minimizar tales muescas, ya que pueden proporcionar un trayecto para que el agua migre longitudinalmente a lo largo de la longitud del cable 100 en el caso de que entre agua en el cable 100, debido a una brecha en el forro exterior 130.

Para comparar la capacidad de cada cable para reducir al mínimo el nivel de muescas en el hilo neutro concéntrico 150 en la superficie del blindaje 125 del aislamiento y el aislamiento 120, se realizó una prueba estandarizada ICEA / ANSI S - 94 - 649 en un cable convencional (Cable 4) y un cable ejemplar único (Cable 5). En concreto, los dos cables contenían elementos conductores idénticos 110 de 6,544 mm (# 2 AWG) 7 de hilo de aluminio, un blindaje semiconductor del conductor, aislamiento nominal EPR (caucho etileno propileno) de 4,44 mm, y seis elementos neutros concéntricos de cobre 150 de 1,628 mm (# 14 GTE) aplicados helicoidalmente. Además, el cable 4 tenía una un forro exterior sólido 130 de LLDPE encapsulado de grosor nominal de 1,27 mm, mientras que el forro exterior

130 del Cable 5 tenía una capa circunferencial interior expandida 210 de LLDPE encapsulado de grosor nominal 1.27 mm de 0,89 mm de LLDPE y una capa circunferencial exterior sólida 220 de 0,38 mm de su forro exterior 130.

5 Se tomaron mediciones de las muescas del hilo neutro concéntrico 150 en la blindaje 125 del aislamiento y se registraron de acuerdo con ICEA / ANSI S - 94 - 649. Los datos de la Tabla 5 a continuación muestran claramente una reducción del 50% en el nivel de muescas en el Cable 5, en comparación con el Cable 4. Esto reduce en gran medida un trayecto helicoidal de migración de agua en el caso de que el forro en general esté sometido a brechas o daños.

Tabla 5 - Datos de muescas en el neutro concéntrico

	Cable 4	cable 5
Polímero de la capa exterior	LLDPE	LLDPE
Polímero de la capa interior	LLDPE	LLDPE ampliado
Formación de espuma capa interior, %	0	19
Muecas en hilo neutro concéntrico mm	0,08	0,00
Mínimo	0,26	0,11
Máximo	0,15	0,06
Total Promedio		

10 La figura 5 es un diagrama de flujo de proceso de alto nivel de un procedimiento de fabricación de un cable 100 de acuerdo con los principios de la presente invención. Un núcleo, que comprende elementos conductores 110, se proporciona 410 y un blindaje 115 del conductor se aplica alrededor del núcleo 420. Además, un aislamiento 120 se aplica 430 y un blindaje 125 del aislamiento se aplica 440 alrededor del aislamiento 120. A continuación, los elementos neutros concéntricos 150 se aplican alrededor del blindaje del aislamiento 450. Finalmente, el forro exterior 130 se aplica por medio de los procesos de expansión y de extrusión 460.

En más detalle, un núcleo del cable 100 se obtiene enrollando helicoidalmente elementos conductores metálicos dentro de un conductor eléctrico circular. Cada filamento tiene un diámetro predeterminado; y cada capa de filamentos es aplicada helicoidalmente con una longitud de tendido predeterminada de los elementos para conseguir un diámetro total especificado y un superficie mínima en milímetros cuadrados. Cada conductor tiene una capa que comprende el blindaje del conductor, el aislamiento y el blindaje del aislamiento, normalmente aplicada por extrusión. Al final de la etapa de extrusión, el material de cada capa es reticulado preferiblemente de acuerdo con técnicas conocidas, por ejemplo mediante el uso de peróxidos o silanos. Alternativamente, el material de la capa de aislamiento puede ser de tipo termoplástico que no está reticulado, con el fin de asegurar que el material sea reciclable. Una vez completado, cada núcleo se almacena en un primer carrete de recogida.

25 El material para el blindaje 115 del conductor y de las capas de aislamiento 120 / 125 se expande y se extruye sobre los elementos conductores 110. La composición polimérica de estas capas puede incorporar una etapa de premezcla de la base polimérica con otros componentes (rellenantes, aditivos, u otros), siendo realizada la etapa de premezcla en el equipo dispuesto aguas arriba del proceso de extrusión (por ejemplo, un mezclador interno del tipo de rotor tangencial (Banbury) o con rotores interpenetrantes, o en un mezclador continuo del tipo Ko - Kneader (Buss) o del tipo que tiene dos tornillos de co - rotación o de contra - rotación). La premezcla de compuestos puede llevarse a cabo en las instalaciones del fabricante del cable o por un componedor comercial.

35 Cada composición polimérica se entrega generalmente a la extrusora en forma de gránulos y plastificada (es decir, convertida al estado fundido) por medio de la entrada de calor (a través del tambor de la extrusora) y la acción mecánica de un tornillo, que trabaja el material polimérico y lo entrega a la cruceta extrusora en la que se aplica al núcleo subyacente. El tambor a menudo está dividido en varias secciones, conocidas como "zonas", cada una de las cuales tiene un control de temperatura independiente. Las zonas más alejadas de la boquilla de extrusión (es decir, el extremo de salida de la extrusora) típicamente se establecen en una temperatura más baja que las que están más cerca de la boquilla de extrusión. Por lo tanto, a medida que el material se mueve a través de la extrusora, es sometido a mayores temperaturas gradualmente a medida que alcanza la boquilla de extrusión. La expansión del blindaje

115 del conductor y las capas de aislamiento 120 / 125 (y opcionalmente el material de relleno, en caso de que se utilice) se realiza durante la operación de extrusión utilizando los productos y parámetros que se han explicado más arriba.

La aplicación del forro exterior 130 al cable 100 como se ilustra en las figuras 2 y 3 se puede aplicar de varias maneras. Es un proceso la capa circunferencial interior 210 y la capa circunferencial exterior 220 se aplican al cable 100 en dos procesos de extrusión separados. Estos dos procesos de extrusión se pueden realizar en operaciones totalmente separados o se pueden realizar en tándem en una única operación en la que las dos extrusiones están separadas por una distancia adecuada para permitir el enfriamiento de la primera capa antes de la aplicación de la segunda capa extruida. En un procedimiento alternativo, las dos capas 210 / 220 se pueden extrusionar simultáneamente en la misma cruceta de extrusión mediante un proceso de co - extrusión. En un proceso de este tipo, se utilizan dos extrusoras de manera que cada una suministre una de las capas (espumada o no espumada) a una única cruceta de extrusión.

Dos tipos de proceso de co - extrusión se pueden emplear para lograr las capas 210 / 220 del forro exterior 130. En un proceso, las dos capas 210 / 220 se mantienen en canales separados hasta el punto en el que ambas capas 210 / 220 se aplican al cable 100. En un procedimiento de este tipo, el cabezal de extrusión de doble capa comprende una boquilla macho (o punta), una boquilla intermedio (o boquilla de punta), y una boquilla hembra. Las boquillas están dispuestas en la secuencia que se acaba de explicar, superpuestas concéntricamente una con la otra y extendiéndose radialmente desde el eje del elemento montado. La capa circunferencial interior 210 se extruye en una posición radialmente exterior a la capa circunferencial exterior 220 a través de un conducto situado entre la boquilla intermedia y la boquilla hembra. La capa circunferencial interior 210 y la capa circunferencial exterior 220 se funden simultáneamente en el punto de aplicación al cable 100. En un proceso de co - extrusión alternativo, la capa circunferencial interior 210 y la capa circunferencial exterior 220 se combinan juntas en capas concéntricas, dentro de la cruceta de extrusión. En un procedimiento de este tipo, la cruceta comprende una boquilla macho (o punta) y una boquilla hembra. No se emplea la boquilla intermedia. Las capas combinadas de la capa circunferencial interior 210 y la capa circunferencial exterior 220 fluyen a través de un conducto entre las boquillas macho y hembra y se aplican simultáneamente al cable 100.

El conjunto de cable semiacabado obtenido de esta manera se somete generalmente a un ciclo de enfriamiento. El enfriamiento se logra preferiblemente al mover el conjunto de cable semiacabado en un canal de enfriamiento que contiene un fluido adecuado, típicamente agua de pozo / agua de río o sistema de agua de refrigeración en circuito cerrado. La temperatura del agua puede ser de entre aproximadamente 2°C y 30°C, pero preferiblemente se mantiene entre aproximadamente 10°C y 20°C. Durante la extrusión y en cierta medida durante el enfriamiento, las capas del forro 210 y 220, se colapsan para tomar la forma sustancialmente de la periferia del elemento montado. Aguas abajo del ciclo de enfriamiento, el conjunto se somete generalmente a un secado, por ejemplo por medio de sopladores de aire, y se recoge en un tercer carrete de recogida. El cable terminado se enrolla en un carrete de recogida final.

Las personas de experiencia ordinaria en la técnica reconocerán que diversas variaciones de este proceso se pueden utilizar para obtener un cable compatible con los principios de la invención. Por ejemplo, varias etapas del proceso pueden llevarse a cabo en paralelo al mismo tiempo. Estas variaciones conocidas se deben considerar dentro del alcance de los principios de la invención.

Aunque se han descrito e ilustrado más arriba realizaciones preferidas de la invención, se debe entender que estos son ejemplos de la invención y no deben ser considerados como limitativos. Por ejemplo, aunque un cable de alimentación de energía de acuerdo con la presente invención es particularmente adecuado para aplicaciones en toda la industria de servicios eléctricos incluyendo la distribución subterránea residencial (URD), o la distribución subterránea primaria, y los cables de alimentación de energía, el diseño del cable que se ha descrito en la presente memoria descriptiva se puede aplicar a otros tamaños y capacidades de cables sin apartarse del alcance de la invención. Las adiciones, omisiones, sustituciones y otras modificaciones se pueden hacer sin apartarse del alcance de la presente invención. Por consiguiente, la invención no se debe considerar como limitada por la descripción anterior, y sólo está limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico (100) para una instalación subterránea, que comprende:
 - un núcleo con una periferia exterior definida por un blindaje (125) del aislamiento;
 - una pluralidad de elementos neutros (150) dispuestos circunferencialmente alrededor de un radio y helicoidalmente a lo largo de la longitud del cable (100), estando en contacto eléctricamente los citados elementos neutros (150) con el citado blindaje (125) del aislamiento del citado núcleo; y
 - un forro de material compuesto exterior (130) que rodea el núcleo y que forma el exterior del cable (100),
caracterizado porque el citado forro de material compuesto exterior (130) incluye una capa circunferencial interior (210) próxima al citado núcleo y una capa circunferencial exterior (220) que está en contacto la citada capa circunferencial interior (210), encapsulando la citada capa circunferencial interior (210) sustancialmente a la citada pluralidad de elementos neutros (150), siendo al menos la capa circunferencial interior (210) del forro (130) un material polimérico expandido.
2. El cable (100) de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende un conductor (110), una blindaje (115) del conductor que rodea el conductor (110), un aislamiento (120) que rodea la blindaje (115) del conductor y el citado blindaje (125) del aislamiento que rodea el aislamiento (120).
3. El cable (100) de la reivindicación 2, en el que el blindaje (125) del aislamiento es un material semiconductor o no conductor.
4. El cable (100) de la reivindicación 3, en el que la pluralidad de elementos neutros concéntricos (150) está constituida por hilos que varían en tamaño desde 0,511 mm (# 24 AWG) a 3,264 mm (# 8 AWG).
5. El cable (100) de la reivindicación 3, en el que la superficie total en milímetros cuadrado de la pluralidad de los elementos neutros (150) se encuentra entre aproximadamente 0,99 mm² por cm de diámetro del núcleo aislado correspondiente a la superficie total completa en milímetros cuadrados del conductor de fase (110).
6. El cable (100) de la reivindicación 1, en el que la capa circunferencial exterior (220) no es un material polimérico expandido.
7. El cable (100) de la reivindicación 1, en el que al menos una de entre la capa circunferencial interior (210) y la capa circunferencial exterior (220) tiene un grado de expansión aproximadamente del 2% al 50%.
8. El cable (100) de la reivindicación 7, en el que la capa circunferencial exterior (220) comprende aproximadamente del 20% al 30% de un grosor radial del forro exterior (130), y la capa circunferencial interior (210) y la capa circunferencial exterior (220) comprenden polietileno de baja densidad lineal (LLDPE).
9. El cable (100) de la reivindicación 8, en el que la capa circunferencial interior (210) tiene un grado de expansión de hasta aproximadamente el 15% al 25%.
10. El cable (100) de la reivindicación 7, en el que la capa circunferencial exterior (220) comprende polietileno de alta densidad (HDPE) y comprende aproximadamente el 20% de un grosor radial del forro exterior (130), y la capa circunferencial interior (210) comprende LLDPE.
11. El cable (100) de la reivindicación 10, en el que la capa circunferencial interior (210) tiene un grado de expansión de hasta aproximadamente el 30%.
12. El cable (100) de la reivindicación 1, en el que el forro exterior (130) comprende, además, una capa circunferencial intermedia de material polimérico.
13. El cable (100) de la reivindicación 12, en el que la capa circunferencial intermedia tiene un grado de expansión aproximadamente del 10% al 12%.
14. El cable (100) de la reivindicación 1, en el que el forro exterior (130) comprende al menos un material seleccionado del grupo que consiste en cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo (EVA), polietileno de baja densidad, LLDPE, HDPE, polipropileno, y polietileno clorado.
15. Un procedimiento de fabricación de un cable (100) que comprende:
 - proporcionar un conductor (110);
 - aplicar un blindaje (115) alrededor del conductor (110);

extrusionar un aislamiento (120) sobre el blindaje (115);

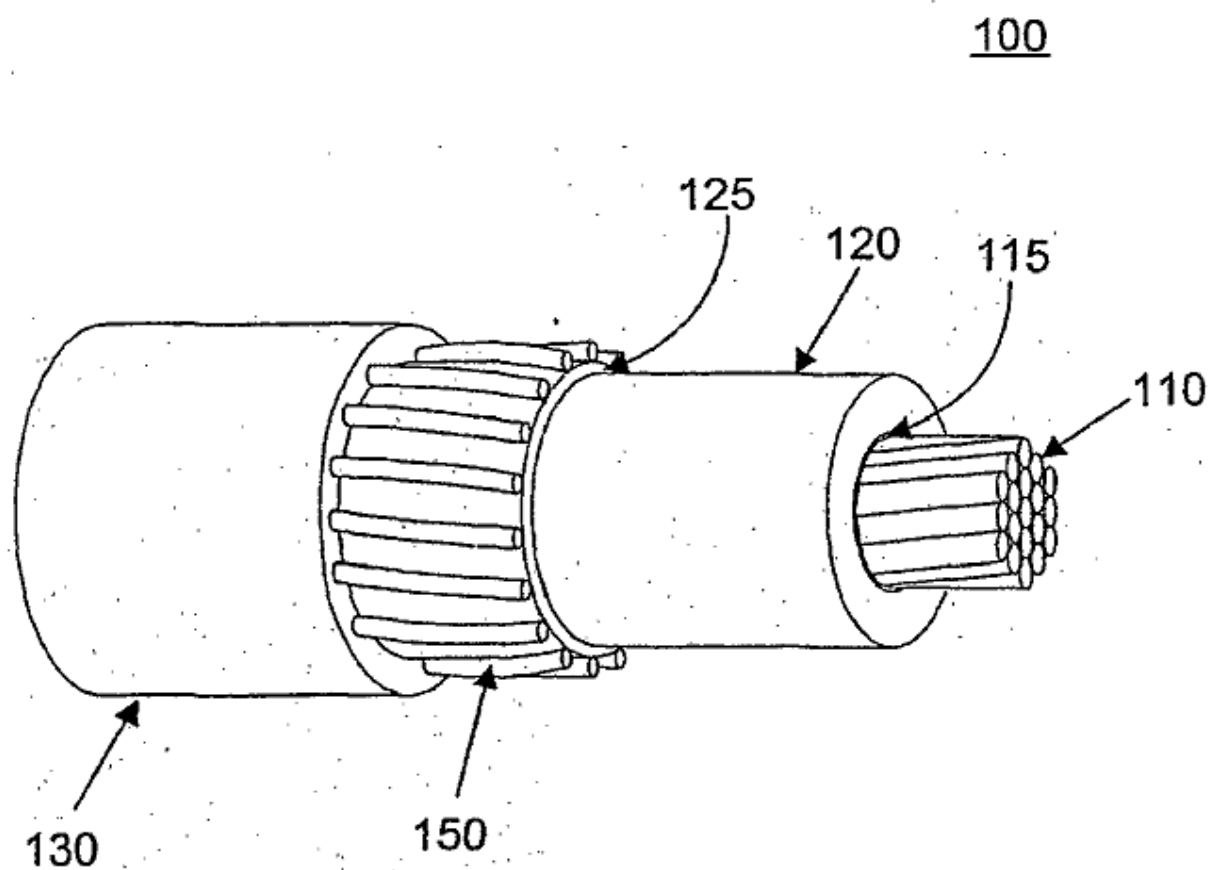
aplicar un blindaje (125) del aislamiento sobre el aislamiento (120);

aplicar elementos neutros concéntricos (150) alrededor de, y en contacto con, el blindaje (125) del aislamiento;

5 expandir un material polimérico con un agente espumante; y

extrusionar una capa circunferencial interior (210) del material polimérico expandido y extrusionar una capa circunferencial exterior (220) en contacto con la citada capa circunferencial interior (210) para formar un forro exterior (130) y para encapsular sustancialmente los elementos neutros concéntricos (150) mientras se mantiene el contacto entre los citados elementos neutros concéntricos (150) y el citado blindaje (125) del aislamiento.

- 10
16. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la extrusión de la capa circunferencial interior (210) y de la capa circunferencial exterior (220) son operaciones separadas.
 17. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la extrusión de la capa circunferencial interior (210) y de la capa circunferencial exterior (220) es una operación realizada en tándem.
 - 15 18. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la extrusión de la capa circunferencial interior (210) y de la capa circunferencial exterior (220) se lleva a cabo mediante coextrusión.
 19. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la extrusión comprende, además, la extrusión de una capa circunferencial intermedia de material polimérico.
 - 20 20. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que en expansión incluye la aplicación de un agente espumante a un material polimérico.
 21. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la expansión comprende la disminución de la densidad por medio de la formación de espuma de las capas circunferenciales interior y exterior (210, 220) en el intervalo aproximadamente del 2% al 50%.
 - 25 22. El procedimiento de la reivindicación 19, que comprende, además, expandir la capa circunferencial intermedia en el intervalo aproximadamente del 10% al 12%.



Técnica Anterior

FIG. 1

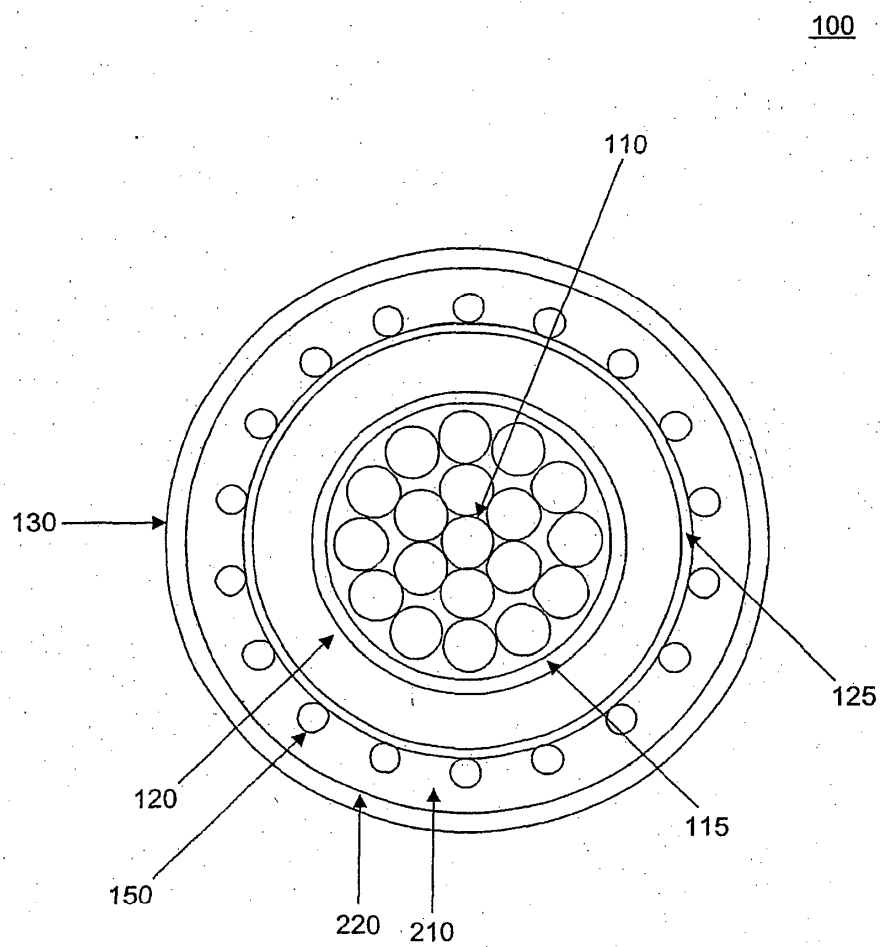


FIG. 2

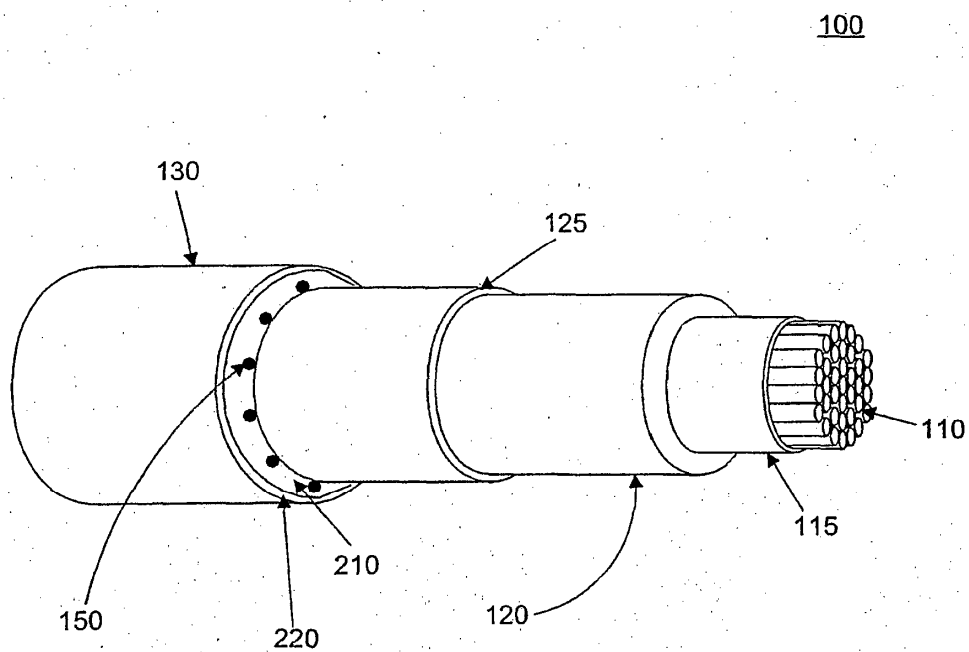


FIG. 3

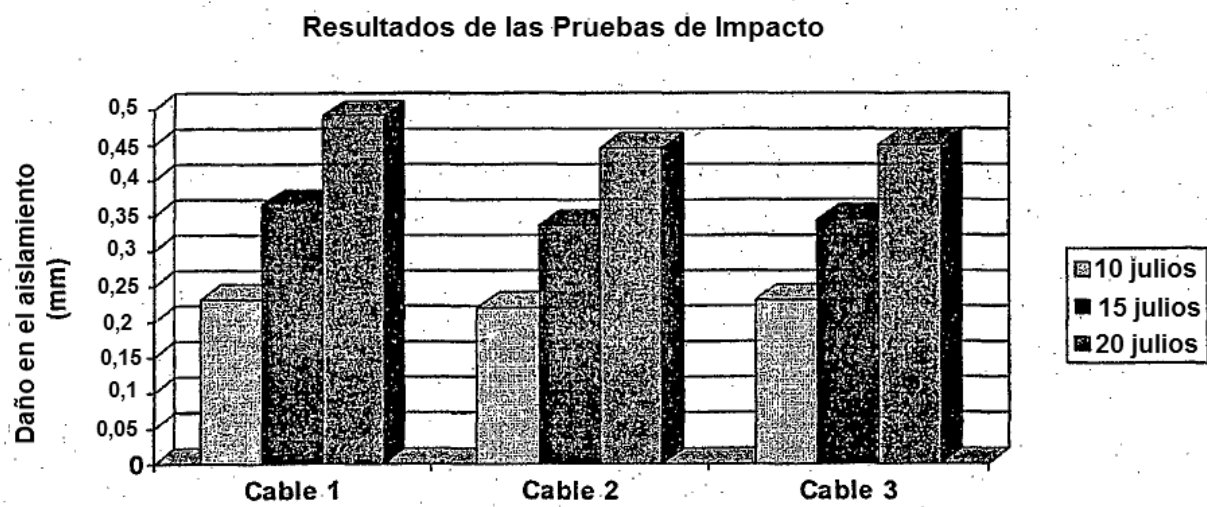


FIG. 4

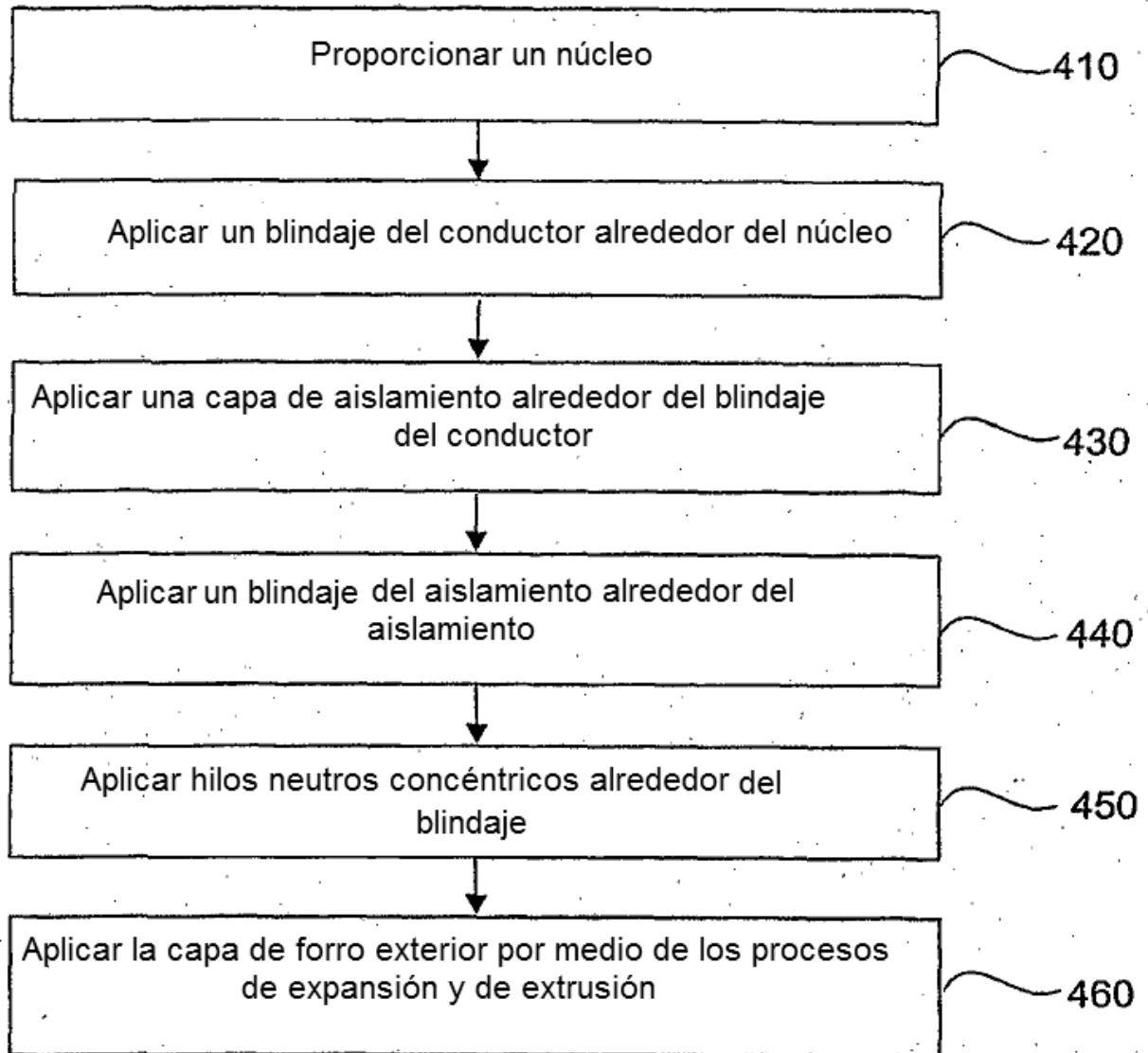


FIG. 5